This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

FL 2M5E -

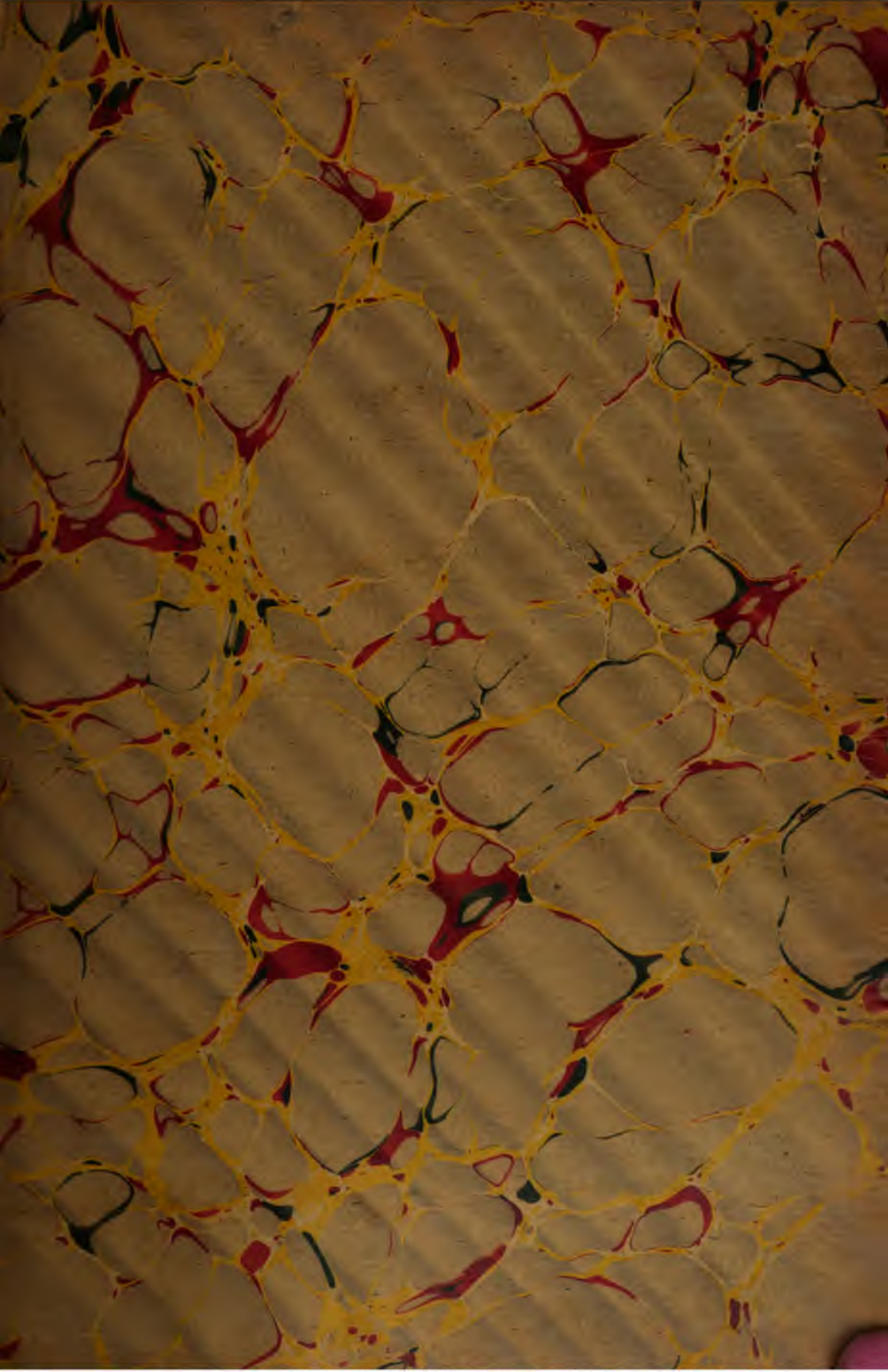
A
50
.5

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

TRANSFERRED TO
FINE ARTS LIBRARY

TRANSFERRED TO
FINE ARTS LIBRARY

BOUGHT WITH
MONEY RECEIVED FROM
LIBRARY FINES



TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE

DE

PHOTOGRAPHIE

PAR

CHARLES FABRE

DOCTEUR ÈS SCIENCES

PROFESSEUR ADJOINT A L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

DEUXIÈME SUPPLÉMENT

B

PARIS

GAUTHIER-VILLARS & FILS, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

55, QUAI DES AUGUSTINS, 55

—

1897

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE

DE PHOTOGRAPHIE

DROITS DE TRADUCTION RÉSERVÉS

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE

DE

PHOTOGRAPHIE

PAR

CHARLES FABRE

DOCTEUR ÈS SCIENCES

PROFESSEUR ADJOINT A L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

DEUXIÈME SUPPLÉMENT

B

PARIS

GAUTHIER-VILLARS & FILS, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

55, QUAI DES AUGUSTINS, 55

—

1897

FA6650.105.5
✓

Printed in France

PRÉFACE

« Un livre encyclopédique, avec quelque talent qu'il soit rédigé, comporte de la part de son auteur un certain sentiment de sacrifice et d'abnégation. S'il rend les plus grands services à la génération présente, il ne tarde guère, par le cours nécessaire des années, à se trouver incomplet et dépassé. Pendant la longue série d'années consacrées à sa publication, la science éprouve des changements considérables, qui ne sauraient que s'accentuer davantage à mesure que l'on s'éloigne des premiers jours de l'impression. Cela est inévitable en raison du nombre toujours croissant des travailleurs, de la diversité des langues et des nations, chacune envisageant la science sous le point de vue le plus conforme à son génie particulier et à ses traditions[1]. »

Ces idées, si magistralement exposées par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, sont précisément celles qui nous ont guidé dans la publication de notre *Traité encyclopédique de photographie*. Nous avons, en effet, annoncé qu'après l'apparition des quatre premiers volumes, tous les trois ans un supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendrait *compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes*.

Nous commençons la première série de ces suppléments triennaux. Celui que nous publions sous la lettre A est destiné à faire connaître les progrès accomplis pendant la période des trois

1. Berthelot, *Notice historique sur Henri Milne-Edwards*, Institut de France, 21 décembre 1891.

années 1889-1892. Dans le présent volume, les divisions adoptées pour notre *Traité encyclopédique* ont été conservées. Nous avons pu ainsi combler certaines lacunes tout en exposant avec ordre les progrès récemment accomplis.

Nous espérons continuer longtemps encore la publication de ces suppléments. D'autres pourront suivre la voie que nous avons tracée et parfaire l'œuvre entreprise. En utilisant ainsi les matériaux accumulés par plusieurs générations, il deviendra possible d'élever à la photographie un monument digne à la fois et de cet art merveilleux et de cette belle science, française par son originalité, universelle par ses applications.

PRÉFACE DU SUPPLÉMENT B

Le nouveau supplément de notre *Traité encyclopédique de photographie* est destiné à faire connaître les progrès accomplis pendant la période comprise entre les années 1893-1896.

Dans le Volume que nous publions, les divisions primitivement adoptées ont été conservées; elles permettent d'effectuer avec facilité les recherches et de constater rapidement les progrès accomplis.

LIVRE PREMIER

CHAPITRE PREMIER

LES LENTILLES.

§ 1er. — PROPRIÉTÉ DES LENTILLES

1285. Réfraction, réflexion, dispersion. — On sait que quand un rayon lumineux homogène passe d'un milieu dans un autre de densité différente, il donne naissance à un rayon réfléchi et à un rayon réfracté[1]. Le rayon réfléchi fait avec la normale un angle égal à l'angle d'incidence i; le rayon réfracté est tel que, en désignant par r l'angle du rayon réfracté et de la normale, le rapport

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n,$$

n étant une quantité constante pour deux mêmes milieux. Cette quantité est appelée *indice de réfraction*. La normale, le rayon incident, le rayon réfléchi sont dans un même plan. L'indice de réfraction est égal au rapport des vitesses de propagation de la lumière dans le premier et dans le second milieu; cette vitesse de propagation varie en sens inverse de la densité.

Si le rayon incident n'est pas homogène, la marche du rayon réfléchi n'est pas modifiée, mais le rayon réfracté prend la forme d'un éventail plan dont les lamelles seraient formées des rayons colorés se succédant dans l'ordre des couleurs du spectre solaire. Quand le second milieu est plus dense que le premier, le violet est le plus rapproché de la normale, tandis que le rouge en est le plus éloigné.

La *dispersion* est la différence des indices de réfraction des rayons extrêmes $n' - n''$.

1. Les notions qui suivent sont extraites du Cours d'optique professé à la Société française de Photographie, par le colonel Moessard. Paris, Gauthier-Villars et fils, éditeurs.

Le *pouvoir dispersif* d'une substance transparente est le rapport de la dispersion à la différence entre l'indice de réfraction moyen et l'unité.

L'indice de *réfraction moyen* est celui de la raie E.

Le spectre solaire présente des raies transversales, brillantes ou obscures[1], qui, étant invariables de position, servent à définir nettement les diverses régions du spectre.

Pour permettre la comparaison directe des pouvoirs dispersifs, on est convenu de prendre pour rayons extrêmes les indices de réfraction des raies H et B situées l'une dans le rouge, l'autre dans le violet, et, pour le rayon moyen, l'indice de la raie E située dans le vert. Le pouvoir dispersif est donc

$$\Delta = \frac{n_H - n_B}{n_E - 1}.$$

Le pouvoir dispersif n'augmente pas nécessairement avec la densité du verre. Dans les verres dits d'Iéna (verres qui sont fort bien fabriqués par M. Mantois, à Paris), il existe des séries de matières ayant des pouvoirs dispersifs moindres que les pouvoirs dispersifs de verres d'autre séries plus denses.

1286. Lentilles, notations. — Dans la théorie des lentilles épaisses, telle qu'elle est exposée aujourd'hui, on suppose que les rayons lumineux marchent de gauche à droite. Les lettres sans accent s'appliquent aux points, aux objets ou aux longueurs d'*incidence* (points nodaux, foyers principaux ou secondaires, sommets, centres, etc.); les mêmes lettres accentuées désignent les mêmes objets d'*émergence*.

Toutes les longueurs comptées de *gauche à droite* à partir de leur point d'origine fixe sont *positives* et affectées du signe +; comptées en sens inverse, elles sont négatives et précédées du signe —. La concavité et la convexité des surfaces s'entend toujours par rapport à l'incidence : les rayons de courbure des surfaces convexes sont positifs; ceux des surfaces concaves sont négatifs. Les indices 1, 2, 3 ..., désignant des objets, s'appliquent à la 1re, à la 2e, à la 3e ... face ou lentille, dans le sens de l'incidence.

Une lentille *simple* est constituée par une masse de verre terminée par deux coupoles sphériques montées sur le même axe.

Pour étudier la marche des rayons lumineux dans une lentille, Gauss a considéré un rayon incident quelconque défini par les procédés de la géométrie à trois dimensions : il suit la marche de ce rayon dans la lentille pour en déduire la position dans l'espace du rayon correspondant. Le calcul montre qu'à tout point M du rayon incident correspond toujours sur le rayon émergent un autre point M' dont les coordonnées sont indépendantes de la direction et du tracé du rayon incident; ce second point est le même pour tous les rayons incidents passant le premier point : c'est l'*image* ou *foyer conjugué* du point M. Ces deux points et les centres de courbure des faces de la lentille sont dans un même plan; on peut donc étudier les propriétés des lentilles en se bornant à suivre la marche des rayons situés dans une section méridienne passant par l'axe.

1. Wollaston, *Bibliothèque britannique*, t. XXVI, p. 299.

Dans toutes les lentilles, pour chaque surface convergente, on a deux distances focales égales et de signe contraire, l'une comptée à partir du centre de courbure, l'autre comptée à partir du sommet de la surface et du côté opposé au centre. En appelant F cette distance focale, on a dans tous les cas

$$F = \pm \frac{R}{n-1},$$

formule qui suppose que l'angle formé par le rayon incident est assez petit pour que son carré soit négligeable. En posant

$$F = \frac{1}{f}, \qquad R = \frac{1}{r},$$

la formule devient

$$f = \pm (n-1)\, r.$$

f est le *pouvoir* de la surface considérée, il mesure directement son action sur les rayons incidents; r est la *courbure* de cette surface. On peut donc dire que le *pouvoir* est proportionnel à la courbure.

Le *foyer* est *réel* ou *virtuel*, selon qu'il est situé ou non, par rapport à la surface de réfraction, dans la zone qui lui correspond. Ainsi, le foyer d'émergence est réel s'il est du côté de l'émergence; en d'autres termes, un foyer est *réel* quand il est, par rapport à la dernière surface réfringente, dans la série qui lui correspond.

Si l'on désigne par D et D′ les distances des deux foyers conjugués au foyer principal de même espèce, et par F la distance focale principale de la surface convergente

$$DD' = R^2 \frac{n}{(n-1)^2},$$

ou bien en posant

$$\frac{1}{F} = f, \qquad \frac{1}{R} = r, \qquad \frac{1}{D} = d, \qquad \frac{1}{D'} = d',$$

on a $\qquad ndd' = r^2 (n-1)^2,$

ou $\qquad ndd' = f^2,$

d est la *proximité* des foyers conjugués.

Supposons des rayons parallèles à l'axe d'une lentille quelconque et tombant sur sa première face : ils forment un foyer principal φ'. Considérons φ' comme source de lumière : il aura, par rapport à la seconde face, un foyer conjugué F′ qui sera dès lors le *foyer principal d'émergence* de la lentille. Tous les points de la surface focale principale d'émergence de la première face formeront de même, par rapport à la seconde face, des foyers conjugués dont l'ensemble engendrera la surface focale principale de la lentille, surface courbe aussi, mais assimilable sur une petite étendue à son plan tangent perpendiculaire à l'axe.

Tous les rayons émanés d'un point convergent, après avoir traversé la lentille, en un autre point qui est le foyer conjugué du premier.

1287. Centre optique, points nodaux. — Par les centres des deux

faces C_1 et C_2 d'une lentille (*fig. 1*) menons deux parallèles C_1A et C_2B, joignons AB, considérons AB comme rayon lumineux traversant la lentille : à ce rayon AB correspondent les deux rayons incidents DA et BE; ils sont parallèles. Le point O est le *centre optique* de la lentille; les deux points N

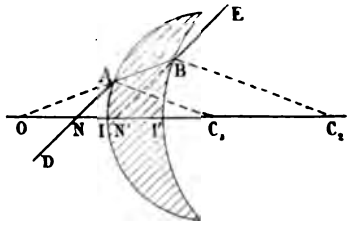


Fig. 1.

et N' sont les *points nodaux*. Le point O est fixe quelle que soit la direction DA du rayon d'incidence; le rapport $\frac{ON}{ON'}$ est constant. En désignant par e l'épaisseur II' du verre, on aura :

$$IO = -e\frac{R_1}{R_2 - R_1}, \qquad I'O = -e\frac{R_2}{R_2 - R_1}.$$

N et N' sont les foyers conjugués de O par rapport à chaque face de la lentille; ils sont fixes tant que l'angle d'incidence des rayons DA est assez petit pour que son carré soit négligeable. En appliquant la formule de Newton (I, **33**), en considérant N comme foyer d'incidence de la première face, on aura :

$$IN = -\frac{eR_1}{n(R_2 - R_1 + e) - e},$$

et de même

$$I'N' = -\frac{eR_2}{n(R_2 - R_1 + e) - e}.$$

Si nous appelons c la distance des centres de courbure CC'

$$c = R_2 - R_1 + e,$$

on pourra écrire plus simplement

$$IN = \frac{eR_1}{nc - e}, \qquad I'N' = -\frac{eR_2}{nc - e}.$$

Le *centre optique* est le point *fixe* par où passe ou se prolonge le trajet intérieur de tout rayon lumineux qui émerge parallèlement à son incidence.

Les *points nodaux* sont les points *sensiblement fixes* (pour de faibles incidences) par où passent ou se prolongent les deux rayons incidents et émergents correspondants parallèles; on désigne ces rayons sous le nom d'*axes secondaires conjugués* ou *rayons axiaux*.

1288. Foyer principal. — Les rayons parallèles à l'axe se réfractent

en passant au travers de la lentille et coupent l'axe en un point F′ tel que (*fig. 2*)

$$N'F' = \frac{nR_1R_2}{(n-1)(nc-e)}.$$

Cette distance focale principale se compte toujours à partir du point nodal

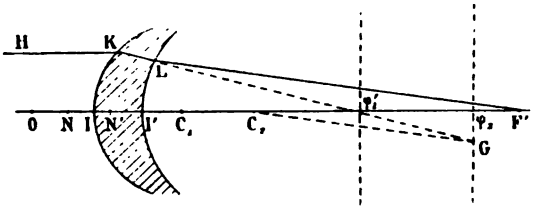


Fig. 2.

correspondant. Elle est positive ou négative; le foyer est réel ou virtuel, selon que nc est supérieur ou inférieur à e. On a de même

$$NF = -\frac{n'R_1R_2}{(n'-1)(nc-e)}.$$

Les deux distances focales principales sont donc égales, au signe près, quand $n' = n$, ce qui veut dire que les milieux sont de même indice de réfraction; elles sont toujours de signe contraire. On peut écrire

$$\pm F = \frac{n}{n-1}\frac{R_1R_2}{nc-e};$$

mais l'on a

$$c = R_2 + e - R_1.$$

$$F = \frac{n}{n-1}\frac{R_1R_2}{e(n-1)+(R_2-R_1)n}.$$

Si nous supposons que l'épaisseur soit nulle $e = 0$, on a pour les lentilles dites *minces*

$$F = \frac{R_1R_2}{(n-1)(R_2-R_1)},$$

ou bien

$$\frac{1}{F} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right);$$

ce qui peut s'écrire, en introduisant les notions de *pouvoir* et de *courbure*,

$$f = (n-1)(r_1 - r_2).$$

La formule des lentilles épaisses peut s'écrire

$$f = \frac{n-1}{n}[(n-1)er_1r_2 + (r_1 - r_2)n].$$

1289. Propriétés du centre optique et des points nodaux. —

Les points nodaux peuvent être *réels* ou *virtuels* : dans le premier cas, les rayons lumineux qui suivent la direction des axes secondaires passent par les points nodaux ; mais si les prolongements seuls de ces rayons se croisent en ce point ils sont virtuels.

Le centre optique n'est *réel* que lorsqu'il est situé dans l'intérieur de la lentille. Il faut donc que la distance du sommet à ce centre soit positive et inférieure à l'épaisseur, ou bien :

$$c > -e\frac{R_1}{R_2 - R_1} > 0,$$

et, par suite,

$$1 > -\frac{R_1}{R_2 - R_1} > 0.$$

Quand $R_1 < 0$, il faut que l'on ait $R_2 > 0$, et si $R_1 > 0$, il faut $R_2 < 0$. Par conséquent, pour que le centre optique soit réel, il faut que les courbures des lentilles soient de signe contraire.

Pour qu'un point nodal soit réel, il faut les conditions suivantes :

Pour	$R_1 < 0$,	$nc > e$,	ou $c > \frac{e}{n}$.
Pour	$R_1 > 0$,	$nc < e$,	$c < \frac{e}{n}$.

Dans une lentille *biconvexe*, le centre optique est réel, plus rapproché de la face la plus courbe que de l'autre. Les points nodaux sont situés de part et d'autre de l'axe optique, à l'intérieur de la lentille ; ils sont virtuels, plus rapprochés de la face la plus courbe.

Dans une lentille *plan convexe*, le centre optique est réel, situé au sommet de la face courbe, et coïncide avec le point nodal d'émergence qui est réel. Le point nodal d'incidence est virtuel.

Dans le *ménisque convergent* à rayons positifs ($R_1 > 0$, $R_2 > 0$, $R_2 > R_1$), le centre optique est en dehors de la lentille, du côté de l'incidence, virtuel. Les points nodaux sont à droite du centre optique : celui d'incidence est *toujours* réel et en dehors de la lentille ; celui d'émergence est virtuel, tantôt en dehors, tantôt à l'intérieur de la lentille. Si le ménisque convergent est à rayons négatifs, c'est l'inverse ; enfin, si l'on a $\pm R_1 = \pm R_2$, le centre optique est à l'infini, et à mesure que l'on se rapproche de cette condition les points nodaux s'éloignent de la lentille, qui reste convergente. La lentille devient divergente pour $nc - e = 0$, c'est-à-dire pour

$$R_2 = R_1 - e\frac{n-1}{n}.$$

Dans ce cas, le centre optique, virtuel, est à droite ; les points nodaux et les foyers sont rejetés à l'infini.

Dans un *ménisque divergent*, le centre optique et les points nodaux sont du côté de la face la plus courbe. Le centre optique est toujours virtuel ; il est situé au delà des points nodaux par rapport à la lentille. Le point nodal le plus voisin du centre est réel, c'est le point nodal d'émergence si les rayons vont dans la direction positive, d'incidence s'ils suivent la négative.

Dans la lentille *plan concave* ($R_1 = \infty$), le centre optique est réel, confondu avec le point nodal d'émergence qui est réel et situé au sommet de la face courbe.

Dans la lentille *biconcave*, le centre optique est réel et les deux points nodaux virtuels, et de part et d'autre de ce centre.

Il peut enfin arriver que les deux faces de la lentille soient *concentriques* (objectif panoramique de Sutton (I, **54**). Les deux centres de courbure coïncident; le centre optique et les points nodaux coïncident avec ce centre. En dehors de ce cas les points nodaux sont toujours distincts. En général, le point nodal d'incidence est du côté de l'incidence, le point nodal d'émergence du côté de l'émergence.

Les *foyers principaux* sont toujours de part et d'autre et à égale distance de leurs points nodaux : dans les systèmes convergents, le foyer d'incidence est du côté du point nodal d'incidence.

La *surface focale* d'une lentille simple est une surface courbe à laquelle on peut substituer le plan tangent en un point de la surface considérée; mais cette substitution, faite pour faciliter l'étude de la surface focale, n'a que la valeur d'une solution approchée.

La connaissance des points nodaux et des foyers principaux permet de déterminer le rayon émergent connaissant le rayon incident.

1290. Formule de Newton. — Grossissement. — En appelant D et D′ les distances qui séparent des foyers principaux l'objet et son image, on a

$$- DD' = F^2.$$

C'est la formule de Newton (I, **33**); elle montre que D et D′ étant toujours de signe contraire, les longueurs D et D′ sont disposées en sens contraire par rapport aux foyers principaux correspondants.

En désignant par d, d', f les *proximités* et le *pouvoir* de la lentille, on a

$$- dd' = f^2.$$

Si l'on désigne par O et I les dimensions linéaires respectives de l'objet et de son image, on a

$$\frac{O}{I} = \frac{D + F}{D' + F} = \frac{F}{D'} = \frac{D}{F} = \frac{d'}{f} = \frac{f}{d}.$$

C'est la formule du *grossissement;* elle est constamment employée pour résoudre les problèmes qui se présentent lorsqu'il s'agit de déterminer le rapport de grandeur d'un sujet à son image.

En désignant par P et P′ les distances de l'objet et de l'image aux points nodaux correspondants, on peut écrire :

$$- P = - D + F \qquad - P' = - D' + F;$$

par suite, la formule de Newton devient

$$- (F + P)(P' - F) = F^2,$$

ce qui donne la formule classique

$$\frac{1}{P} - \frac{1}{P'} = \frac{1}{F}.$$

Cette formule peut s'écrire, en remplaçant P et P′ par les proximités $\frac{1}{p}$ et $\frac{1}{p'}$ et F par le pouvoir f

$$p' - p = f.$$

1291. Points et plans de Bravais. — On appelle *points* et *plans de Bravais* (**1037**) deux points, situés entre le foyer d'incidence et le point nodal d'incidence d'une part, et entre le point nodal d'émergence et le foyer d'émergence d'autre part, tels que l'objet étant placé en l'un de ces points, le plan image se superpose à l'objet. La considération de ces points et des plans perpendiculaires à l'axe qu'ils déterminent et pour lesquels l'image et l'objet se superposent (l'une réelle et l'autre virtuel ou inversement) présente un certain intérêt dans la construction des objectifs.

1292. Lentilles composées, lentille équivalente. — On désigne sous le nom de lentilles composées un système de plusieurs lentilles *centrées*, c'est-à-dire montées sur le même axe. Ce système de lentille produira sur les rayons lumineux certains effets : on peut concevoir une lentille unique qui produirait les mêmes effets; cette lentille est dite *équivalente* à la lentille composée.

Cette notion de la lentille équivalente peut s'appliquer à un système optique quelconque. Le centre optique, les points nodaux et les foyers qui la définissent sont désignés sous le nom de points *caractéristiques* de la lentille. Ces points peuvent occuper, les uns par rapport aux autres, toutes les positions possibles; les seules combinaisons qui offrent un intérêt au point de vue photographique sont celles qui fournissent une image réelle.

Une image réelle peut être donnée par la combinaison d'une lentille convergente et d'une lentille divergente. En supposant la lentille de droite divergente, le point nodal d'émergence est toujours virtuel, tandis que le point nodal d'incidence est toujours réel; le centre optique est virtuel; c'est le contraire qui a lieu si la lentille de gauche est divergente.

Dans la première combinaison (lentille d'incidence convergente, l'autre divergente), il suffit pour allonger la longueur focale de rapprocher les lentilles : ce dispositif est avantageux, car il permet de diminuer le *tirage* de la chambre noire. Au contraire, si c'est la lentille d'incidence qui est divergente, le tirage de la chambre noire est plus grand que la distance focale principale. Par un choix convenable de deux lentilles, on peut d'ailleurs rendre cette distance focale aussi grande qu'on le désire.

1293. Aberrations. — Les résultats que nous venons de rappeler ne sont exacts que dans des limites très étroites et très différentes de ce qui se passe dans la pratique. En effet, un rayon lumineux n'est pas exactement représenté par une ligne droite; en réalité c'est un cylindre dont le diamètre minimum est $0^{m}00012$; en second lieu, l'existence du plan focal principal suppose que les faisceaux incidents extrêmes sont très peu inclinés sur l'axe. Cette hypothèse, assez exacte pour les objectifs employés en astrono-

mie, est tout à fait fausse lorsqu'il s'agit des objectifs photographiques. Si l'angle des faisceaux incidents avec l'axe augmente, il se produit deux aberrations auxquelles on a donné le nom d'aberration *de champ* et d'aberration *nodale :* la première a pour résultat de remplacer le plan focal par une *surface focale principale*, de forme assez compliquée, mais jouissant d'ailleurs des mêmes propriétés optiques; la seconde provient de ce que la position des points *nodaux* varie avec l'inclinaison des rayons : de là certaines déformations dans la perspective de l'image.

On suppose aussi dans les théories précédentes que chaque faisceau incident est peu large, peu incliné sur l'axe; dans ce cas, il converge en un point derrière la lentille. Cette hypothèse ne se vérifie pas dans la pratique : le faisceau incident est large, couvre une étendue notable de la face incidente de la lentille; l'objectif n'est plus *aplanétique*, il est entaché d'aberration de sphéricité, le point focal est remplacé par une caustique, l'image n'est plus nette. Le faisceau incident peut d'ailleurs être très étroit, mais rencontrer la lentille sous des incidences très grandes; dans ce cas, il y a *astigmatisme*, le point focal est remplacé par deux lignes focales séparées. A cette aberration s'en rattache une autre dénommée *courbure du champ focal* et différente de l'aberration de champ. Enfin, dans l'établissement des diverses formules rappelées ci-dessus on ne tient pas compte de *la dispersion* (**1285**). Or, chaque rayon d'une coloration donnée possède un indice de réfraction différent pour une même substance ; ces différents indices donnent lieu à une nouvelle aberration dite *aberration de réfrangibilité* ou *aberration chromatique.*

1° *Aberration de champ.* — On désigne sous le nom de *surface focale absolue* ou *surface focale principale* le lieu géométrique des foyers formés par les rayons voisins du centre de la lentille. Cette surface focale ne dépend que de la lentille elle-même. Sa forme générale se rapproche de celle d'une sphère; sa section par un plan donne une courbe du quatrième degré. A chaque face de la lentille correspond une surface focale. Dans le cas d'un ménisque convergent il y a intérêt à utiliser ce ménisque avec sa concavité tournée vers l'objet, car la surface focale obtenue est plus aplatie que dans la disposition inverse.

2° *Aberration nodale.* — Dans une lentille biconvexe, cette aberration est d'autant moindre avec un champ considérable que le centre optique est plus près de la lentille, c'est-à-dire qu'elle varie en même temps que le rapport $\frac{R_2}{R_1}$. Quand R_1 devient infini, la lentille est plan convexe, le centre optique et le point nodal d'émergence se confondent au sommet de la lentille, l'aberration nodale est nulle. Cette aberration est moindre pour les lentilles biconvexes ou les ménisques divergents que pour les lentilles biconcaves et les ménisques convergents.

L'aberration relative au point nodal d'incidence varie, dans les lentilles biconcaves, en sens inverse de celui du point nodal d'émergence; dans les ménisques les deux points nodaux éprouvent des aberrations de même sens; dans une lentille (convergente ou divergente) dont une face est plane l'aberration a pour effet de diminuer l'écart des points nodaux.

Une des conséquences de l'aberration nodale réside dans la *distorsion nodale;* l'image d'une droite est déformée soit en barillet, soit en crois-

sant (I, **44**). La forme biconvexe de la lentille est la meilleure pour combattre la distorsion nodale.

8° *Aberration de sphéricité.* — Lorsque l'on étudie la réfraction des rayons parallèles à l'axe d'une lentille, on trouve que la distance du foyer au centre n'est pas constante pour les divers rayons, le foyer des rayons centraux étant plus éloigné que le foyer des rayons marginaux : c'est ce que démontre le calcul. Si l'on examine ce qui se passe dans une section méridienne, on trouve une courbe *enveloppe* des divers rayons réfractés : elle porte le nom de *caustique;* sur cette courbe et dans son voisinage immédiat il y a une plus grande accumulation de rayons réfractés. Cette courbe se compose de deux arcs symétriques formant un point de rebroussement au foyer des rayons centraux (I, **38**) : en ce point il y a accumulation de rayons, c'est le point que l'on prend pour foyer principal de la lentille. Si l'on fait tourner la caustique autour de l'axe de la lentille, la surface engendrée par la courbe est la *surface caustique :* tout point lumineux engendre une surface caustique de révolution, de forme différente, selon son éloignement de la lentille.

Une surface réfringente de forme sphérique serait aplanétique si sa caustique se réduisait sensiblement à un point, ce point étant le point de rebroussement. Ce n'est qu'avec certaines surfaces ayant pour méridienne soit une parabole, soit un ovale de Descartes, que l'on peut, dans certaines conditions, réaliser l'*aplanétisme.* Dans la pratique, on ne peut construire facilement que des lentilles à surfaces sphériques. L'aplanétisme n'est jamais réalisé complètement; il faudrait pour cela que l'indice de réfraction fût inférieur à 0,25.

On appelle *aberration longitudinale* la distance, comptée sur l'axe principal, qui sépare le point de concours des rayons marginaux de celui des rayons centraux. Le rayon du cercle lumineux formé autour du foyer des rayons centraux s'appelle *aberration latérale.* L'aberration longitudinale est proportionnelle au carré du diamètre de l'ouverture ; l'aberration latérale varie comme le cube de ce même diamètre.

L'*astigmatisme* peut être envisagé comme une conséquence directe de l'aberration de sphéricité. Un faisceau étroit, conique ou cylindrique de rayons lumineux, tombant dans une direction quelconque en une place quelconque d'une lentille, donne toujours naissance à deux lignes focales d'astigmatisme (I, **38**) qui sont des éléments de la surface caustique que donnerait le faisceau entier tombant sur la surface totale de la lentille. Le calcul démontre qu'il existe deux surfaces d'astigmatisme engendrées par les deux lignes d'astigmatisme. Dans la pratique, on prend comme surface focale principale la *surface moyenne d'astigmatisme,* celle qui passe par tous les points de netteté maxima. Cette surface et les deux surfaces d'astigmatisme diffèrent toujours de la surface focale absolue ; elles ont toutes quatre une partie commune, plus ou moins étendue, au voisinage du foyer principal. La surface focale absolue est la limite vers laquelle tendent la surface moyenne d'astigmatisme et les deux surfaces d'astigmatisme pour une correction complète de l'astigmatisme.

Par l'emploi du diaphragme on diminue considérablement la courbure du champ et, par suite, l'influence de l'astigmatisme sur la netteté des images.

4° *Aberration de réfrangibilité; achromatisme.* — Quand un faisceau de lumière blanche tombe sur une lentille, chaque rayon est décomposé en une infinité de rayons colorés, espacés, et qui dans leurs trajectoires obéissent aux lois qui régissent les rayons simples; par suite, il y aura autant de caustiques et autant de doubles lignes focales que de rayons simples. Or, dans le spectre, le maximum d'éclat ne coïncide pas avec le maximum d'effet chimique; ce maximum d'effet a lieu au voisinage de la région violette du spectre, tandis que le maximum d'éclat se trouve au voisinage du jaune. En observant l'image produite par une lentille simple, on *met-au point* les radiations voisines du jaune; celles qui ont le plus d'action étant les radiations violettes, leur foyer se trouvera en avant de la plaque sensible; par suite, l'image sera floue sur cette dernière. L'objectif est dit avoir un *foyer chimique.*

Le *cercle d'aberration chromatique* est formé par l'intersection des cônes correspondants aux rayons de réfrangibilité extrême. Le diamètre de ce cercle est indépendant de la distance focale et de la forme même des surfaces réfringentes; il est proportionnel à l'ouverture de la lentille et au pouvoir dispersif de la matière dont elle est formée.

1294. Correction des aberrations. — L'étude des aberrations peut être faite en examinant ce qui se produit dans le cas d'une seule surface convergente; les mêmes démonstrations s'appliquent aux lentilles convergentes, les points nodaux jouant à eux deux le rôle du centre de courbure d'une surface isolée. Les aberrations des lentilles divergentes sont (à égalité de courbure et de matière) égales et de signes contraires à celles d'une lentille convergente.

Il est possible d'atténuer les effets des aberrations.

Aplanétisme et foyer chimique. — Soient deux lentilles de même verre, de même *pouvoir* (**1286**), l'une convergente, l'autre divergente : leurs aberrations étant égales et de signe contraire, nous n'aurions plus d'aberrations en les associant; mais, en même temps, leur pouvoir serait nul; on n'aurait plus de lentille convergente. On peut établir les lentilles avec deux matières différentes, choisies de telle sorte que l'aberration de champ et l'aberration nodale soient réduites à un minimum. En effet, le pouvoir croît avec les courbures et avec l'indice de réfraction, l'aberration longitudinale croît avec l'indice, l'aberration chromatique est proportionnelle au pouvoir dispersif. Pour obtenir une combinaison convergente, il faut que le pouvoir convergent soit plus grand que le pouvoir divergent; pour que l'élément divergent ait moindre pouvoir et aberrations égales, il faut que ses courbures soient moindres, que son indice et son pouvoir dispersif soient plus élevés que celui de l'élément divergent. On obtient ainsi une combinaison dite *normale* ou de *caractère normal.* L'élément convergent en verre léger (crown-glass) présente de plus fortes courbures que l'élément divergent (ou flint-glass) en verre lourd. Dans de telles combinaisons, l'aplanétisme et l'achromatisme seraient parfaits si l'on employait un verre présentant un pouvoir dispersif proportionnel à l'indice de réfraction; il suffirait de faire réunir deux couleurs pour que les autres viennent coïncider au même point : une telle combinaison serait dite *apochromatique.* De tels verres et de telles combinaisons ont été employées en micrographie et en photogra-

phie : de telles matières sont trop délicates pour les usages photographiques.

Dans les verres employés habituellement, cette proportionnalité n'existe pas. On ne peut, avec deux lentilles, que réunir deux couleurs ; l'achromatisme n'est pas parfait, et l'on est obligé de donner à l'élément convergent, dont l'indice de réfraction est plus faible, des courbures assez fortes ; l'ouverture de la lentille est réduite, l'épaisseur augmente, ce qui diminue la rapidité d'action de l'objectif et augmente l'astigmatisme.

Si l'on forme l'objectif avec deux verres convergents séparés par un verre divergent, on peut réunir trois couleurs ; de plus, les effets des verres convergents s'ajoutent ; les rayons de courbure des verres convergents peuvent être assez grands et les épaisseurs fortement réduites, la rapidité d'action augmente, l'astigmatisme diminue, mais ne disparaît pas complètement. Pour détruire l'aberration chromatique et l'astigmatisme, il faut, comme l'a démontré Petzval, que l'élément convergent ait un indice plus élevé que celui de l'élément divergent ; ce dernier, pour obtenir l'achromatisme, doit avoir un plus fort pouvoir dispersif : une telle combinaison est dite *anormale ;* c'est celle dans laquelle le système divergent a un pouvoir dispersif plus grand et un indice de réfraction moindre que le système convergent. Grâce à ce dispositif, on peut, à une combinaison de caractère ***normal***, établie de façon à corriger par excès l'aberration sphérique, exactement l'aberration chromatique pour deux couleurs, tout en laissant subsister les autres, associer un second élément convergent, formant avec le divergent une combinaison *anormale,* permettant ainsi de corriger l'aberration chromatique pour une troisième couleur, faire disparaître l'excès de correction d'aplanétisme et détruire à peu près complètement les autres aberrations.

Les effets d'aberration de *champ* et d'aberration *nodale* peuvent être annulés ou tout au moins fortement atténués par l'assemblage de deux lentilles d'espèce différente, d'aberrations égales et de signes contraires ; l'emploi du diaphragme, en réduisant l'épaisseur du faisceau lumineux, complète ces corrections.

1295. Du diaphragme. — L'aberration longitudinale étant proportionnelle à la section droite du faisceau lumineux, et, d'autre part, l'astigmatisme disparaissant par l'emploi d'un diaphragme étroit placé au centre de courbure, il est facile de comprendre le rôle très important du diaphragme dans la correction des aberrations d'un objectif ; il agit de plus en augmentant le champ de netteté.

On dit que la netteté fournie par un objectif est de 1/10 de millimètre, dans les conditions suivantes : soit un voyant formé de six points de 1/2 millimètre de diamètre, disposés en hexagone autour d'un point central ; la distance qui sépare chacun des sept points est également de 1/2 millimètre. En réduisant ce voyant au 1/5, l'image théorique est formée de sept points de 1/10 de millimètre de diamètre, séparés par un intervalle égal à leur diamètre. Tant que l'on peut distinguer les sept points les uns des autres, la netteté est dite *supérieure* au 1/10 ; elle devient *égale* au 1/10 de millimètre lorsque les sept points se recoupent ou forment une teinte grise.

Depuis l'introduction du procédé au gélatino-bromure et dans les cas où les images photographiques doivent subir un fort agrandissement, on s'arrête à la netteté de 0mm1, qui est souvent insuffisante ; s'il s'agit d'images

destinées à être examinées à la distance de la vision distincte, on peut prendre la netteté de 0mm2 ou 0mm15.

Cette définition de la netteté permet de concevoir ce qu'on entend par *profondeur de foyer*. Supposons que l'on *mette au point* l'image d'un objet, soit ε la limite de la netteté : on peut faire mouvoir le verre dépoli d'un certaine quantité, en avant ou en arrière, sans que le rayon du cercle de diffusion tolérée soit supérieur à ε.

En désignant par ε la limité de netteté, par o le diamètre du faisceau lumineux à hauteur du point nodal d'émergence, par f la distance focale principale et par d la distance du point de croisement du rayon réfracté au foyer d'émergence, la profondeur de foyer p sera :

$$p = \frac{2\,(d+f)\,\varepsilon}{o}$$

pour les points situés à l'infini

$$p = \frac{2f\varepsilon}{o}.$$

La profondeur de foyer est donc indépendante de la forme et de la nature de la lentille : elle est proportionnelle à la distance focale conjuguée $d + f$. Cette profondeur est donc une *propriété* et non une *qualité* des objectifs.

Le verre dépoli étant fixe et placé à une distance d du foyer, la *profondeur de champ* est la largeur de la zone embrassant tous les objets dont l'image est sensiblement nette sur le verre dépoli. Cette largeur est égale à

$$\frac{2\,F^2\varepsilon\,o\,(F+d)}{d^2o^2 - F^2\varepsilon^2};$$

mais comme le terme ε^2 est très petit, on peut écrire :

$$\frac{2\,F^2\,\varepsilon\,(F+d)}{d^2\,o} = 2\,(F+d)\,\frac{\varepsilon}{o}\,\frac{F^2}{d^2}.$$

La *distance hyperfocale* (I, **159**) est la distance minima à partir de laquelle un objectif, mis au point sur l'infini, donne une image nette des objets situés au delà de cette distance. Cette distance est égale à

$$\frac{F}{2}\,\frac{o}{\varepsilon} + \frac{F}{2}.$$

$\frac{F}{2}$ est très petit par rapport à l'autre terme; cette distance est donc sensiblement

$$\frac{F}{2}\,\frac{o}{\varepsilon}.$$

Si l'on fait $\varepsilon = 0^{mm}1$ et $o = 2^{cm}$, la distance hyperfocale est égale à 100 F.

Il existe deux surfaces focales limites entre lesquelles la netteté des images est suffisante : ces deux surfaces déterminent et enferment *le volume focal* (A, **1094**) ; à chaque distance des objets correspond un volume focal déterminé. L'épaisseur du volume focal augmente, comme la profon-

deur de foyer, quand le diamètre du faisceau émergent ou du diaphragme diminue.

Le diaphragme combat l'aberration de champ de deux façons : par sa position il diminue l'astigmatisme et rejette les foyers plus près de la pointe de la caustique; en second lieu il augmente la profondeur de foyer et, par suite, le diamètre de l'image nette reçue sur un plan, ou *champ de netteté* de l'objectif.

Le *champ* de l'objectif augmente quand le diamètre du diaphragme diminue et que ce diaphragme se rapproche de l'objectif.

Si le diaphragme est placé en avant de la lentille, il produit *la distorsion* en *barillet* (I, **43**); s'il est placé à l'arrière, il produit la distorsion en croissant : ces effets sont d'autant plus sensibles que le diaphragme est plus éloigné de la lentille et que l'objet en est plus rapproché. Ces effets de distorsion peuvent s'augmenter ou se diminuer des effets analogues produits par l'aberration nodale; ils empêchent de copier à une échelle déterminée une carte, un modèle, faussent la perspective et déforment les lignes architecturales. Pour que la distorsion fût nulle, il faudrait que le diaphragme fût placé de façon à ne laisser passer que les rayons voisins des points nodaux.

1296. Clarté. — La *clarté* d'un objectif est le rapport entre l'éclat de l'image qu'il donne d'un objet à l'infini sur l'axe principal et celui que donnerait du même objet un objectif type pris pour unité.

Soit E l'éclat intrinsèque d'un plan vertical perpendiculaire à l'axe principal de la lentille et de surface S : un écran parallèle à ce plan et à l'unité de distance recevra sur l'unité de surface une clarté égale à ES; soit un diaphragme de diamètre o placé contre l'objectif : à une distance K il recevra du plan lumineux une clarté

$$\frac{\mathrm{ES}\pi o^2}{4\mathrm{K}^2}.$$

Cette clarté, répartie sur l'image de surface s, formée sur un écran parallèle au plan lumineux à une distance k de l'objectif, y produira un éclat e

$$e = \frac{\mathrm{ES}\pi o^2}{4\mathrm{K}^2}\frac{1}{s};$$

mais

$$\frac{\mathrm{S}}{s} = \frac{\mathrm{K}^2}{k^2},$$

par suite

$$e = \mathrm{E}\frac{\pi o^2}{4k^2},$$

pour un objet situé à l'infini

$$e = \mathrm{E}\frac{\pi o^2}{4\mathrm{F}^2}.$$

Si le diaphragme est au delà de la lentille et à une distance l de celle-ci, l'éclat sera :

$$e = \mathrm{E}\frac{\pi o^2 \mathrm{F}^2}{4\mathrm{F}^2(\mathrm{F}-l)^2} = \mathrm{E}\frac{\pi o^2}{4(\mathrm{F}-l)^2}.$$

Au point de vue de la clarté, il y aurait donc avantage à placer le diaphragme en arrière de la lentille ; mais il faudrait alors diminuer son ouverture pour obtenir une bonne correction des aberrations.

Pour un faisceau oblique incliné d'un angle α sur l'axe de l'objectif, de surface S_1, d'éclat intrinsèque E_1, situé à une distance K_1 de l'objectif, l'éclat e_1 sera :

$$e_1 = e \cos^4 \alpha \frac{E_1}{E}.$$

A égalité d'éclat de l'objet, l'éclat de l'image varie donc comme $\cos^4 \alpha$; par conséquent, l'image subit sur les bords une forte diminution d'éclat. Cette diminution ne peut être combattue qu'en faisant traverser aux rayons obliques une épaisseur moins grande que celle traversée par les rayons centraux (A, **1083**). L'éclat diminue rapidement quand le demi-angle de champ augmente. Cette diminution est de moitié pour un angle de champ de 50° ; sous ce rapport, il n'y a donc pas intérêt à augmenter outre mesure l'angle de champ d'un objectif. Il faut, dans la pratique, augmenter la durée du temps de pose pour obtenir une image suffisamment intense sur les bords.

ANGLE DE CHAMP.	DEMI-ANGLE DE CHAMP.	$\cos^4 \alpha$		e Éclat de l'image sur les bords.
		Valeur exacte.	Valeur approchée.	
10	5	0,98	»	0,98e
20	10	0,94	»	0,94e
30	15	0,87	»	0,87e
40	20	0,77	4/5	4/5e
50	25	0,67	2/3	2/3e
60	30	0,56	»	0,56e
70	35	0,45	»	0,45e
80	40	0,34	1/3	1/3e
90	45	0,25	1/4	1/4e

Dans la pratique, il est important de connaître la *clarté au centre* e,

$$e = \frac{E\pi}{4} - \frac{O^2}{F^2};$$

elle est proportionnelle au carré du diaphragme et en raison inverse du carré du foyer ; on peut dire qu'elle est proportionnelle au carré du rapport $\frac{O}{F}$, O étant le diamètre du diaphragme. En général, on désigne le diaphragme par le rapport inverse.

Le Congrès international de photographie de 1889 a pris pour unité de clarté celle d'un objectif diaphragmé à $\frac{F}{10}$, c'est-à-dire dont le diamètre d'ouverture est le dixième de la distance focale principale. La clarté d'un objectif diaphragmé à $\frac{F}{n}$ est donc $\frac{100}{n^2}$, et la durée du temps de pose, qui

est l'inverse de la clarté, sera $\frac{n^2}{100}$; en multipliant par ce nombre la durée du temps de pose nécessaire par le diaphragme normal, on aura la durée du temps de pose nécessaire avec le diaphragme $\frac{\varphi}{n}$.

Les déformations produites par l'emploi de trop grands diaphragmes ou d'objectifs à trop large diamètre tiennent à ce que chacune des extrémités du diamètre du diaphragme voit différemment l'objet à reproduire.

Il se produit donc un effet stéréoscopique qui se traduit par une déformation facile à observer quand on examine un portrait fait de trop près avec un objectif de trop court foyer et de large diamètre (10 cent. de diamètre et au-dessus).

§ 2. — Les divers types d'objectifs.

1297. Objectifs combinés. — Nous venons de résumer très rapidement les propriétés des objectifs désignés sous le nom d'objectifs simples et consistant généralement en un certain nombre de lentilles (de deux à cinq) *accolées* les unes aux autres. Dès le début du daguerréotype (1840), on fut amené, pour augmenter la clarté des objectifs, à les composer de deux lentilles convergentes de foyers φ_1 et φ_2 séparés par un intervalle E; pour un même diamètre de lentille, la distance focale de la combinaison est

$$F = \frac{\varphi_1 \varphi_2}{\varphi_1 + \varphi_2 - E}.$$

Si $\varphi_1 = \varphi_2$, auquel cas l'objectif est symétrique (combinaison qui fut proposée pour la première fois par Sutton, dans le but de détruire la distorsion)

$$F = \frac{\varphi^2}{2\varphi - E},$$

et si $E = 0$,

$$F = \frac{\varphi}{2},$$

la clarté au centre de l'image a pour expression

$$e = E \frac{\pi o'^2}{4F^2},$$

en entendant par o' le diamètre de l'ouverture *utile* ou efficace du diaphragme.

Soit o le diamètre du diaphragme employé, l la distance du plan principal d'émergence au diaphragme comptée sur l'axe, P le foyer conjugué par rapport à la lentille d'avant d'un point situé sur l'axe principal :

$$o' = o \frac{(P + F_1)}{P + F_1 - l};$$

par suite,

$$e = \frac{E\pi}{4F^2} \frac{o^2 (P + F)^2}{(P + F_1 - l)^2}.$$

La durée du temps de pose $\frac{1}{e}$ sera :

$$\frac{1}{e} = \frac{4F^2}{E\pi o^2}\left(1 - \frac{l}{P + F_1}\right)^2.$$

Si l'objet est à une distance infinie, $P = 0$, l'on a :

$$\frac{1}{e} = \frac{4F^2}{E\pi o^2}\left(1 - \frac{l}{F_1}\right)^2.$$

La durée de la pose augmente avec P et F et F_1 ; elle diminue quand o et l augmentent ; donc, plus l'objet est rapproché, plus il faut augmenter la durée du temps de pose. Dans une vue d'ensemble, les objets éloignés envoient plus de lumière que les objets rapprochés ; de là le défaut des premiers plans qui, dans bien des épreuves, sont dits *manquer de pose*, inconvénient qui existe à un degré bien moindre quand on emploie une lentille simple.

Dans un objectif composé, le diaphragme doit être placé au *centre optique*, situé entre les deux lentilles, proportionnellement à leur distance focale.

Les principaux types d'objectifs composés sont établis avec deux combinaisons de lentilles ; on peut les diviser en objectifs *symétriques* et objectifs *asymétriques*.

1298. Objectifs symétriques. — L'objectif symétrique se compose de deux ménisques convergents identiques disposés face à face, montés sur un même tube, le diaphragme étant placé au milieu de l'intervalle qui sépare les deux lentilles qui doivent être individuellement aussi achromatiques et aplanétiques que possible ; l'ensemble jouit des mêmes propriétés.

En désignant par e l'épaisseur de chaque lentille composante, les éléments de la lentille composante sont donnés par

$$n_2N = -\frac{E\varphi}{2\varphi - E}, \qquad n_1N' = \frac{E\varphi}{2\varphi - E}, \qquad F = \frac{\varphi^2}{2\varphi - E}.$$

Pour que les points nodaux coïncident, il faut que l'on ait

$$n_2N + n_1N' - 2e = E,$$

ou bien :

$$E^2 + 2eE - 4ef = 0,$$
$$E = e + \sqrt{e^2 + 4ef}.$$

Dans ce cas (condition de Prasmowski), l'objectif jouit des propriétés de la lentille sans épaisseur.

En général, les points nodaux sont tous deux virtuels : le centre optique est réel, situé au milieu de l'espace qui sépare les deux lentilles, il indique la place que doit occuper le diaphragme.

L'astigmatisme et la courbure du champ subsistent dans les anciens types d'objectifs symétriques formés de deux combinaisons comportant chacune deux lentilles simples ; cependant, si les rayons lumineux rencontrent les diverses surfaces sous des incidences presque normales, l'astigmatisme a peu d'importance. La distorsion est annulée.

Si l'on rapproche les lentilles composantes, les points nodaux se rapprochent chacun de la lentille *de même espèce ;* le champ augmente beaucoup : on obtient un *symétrique grand angulaire.* Dans ce cas, pour conserver aux rayons une incidence voisine de la normale, il faut augmenter les courbures et, par suite, les aberrations ; pour corriger ces dernières, il faut recourir à l'emploi de petits diaphragmes. Le rapprochement des lentilles fournit donc plus de champ, une distance focale plus courte, une diminution de la clarté.

L'éloignement des lentilles fait rapprocher les points nodaux chacun de la lentille *d'autre espèce.* Le champ diminue rapidement, le foyer s'allonge, la clarté augmente jusqu'à une certaine limite. Dans ce cas, on peut employer des lentilles à courbure plus faible et des diaphragmes plus larges que ceux employés dans les objectifs symétriques grand angle.

L'ouverture du diaphragme dans les objectifs symétriques varie de $\frac{F}{3,5}$ (rectilinéaire à portraits de Dallmeyer, I, **71**) à $\frac{F}{20}$ (symétrique de Zenger).

Dans ces derniers temps, on est parvenu à construire des objectifs symétriques dans lesquels l'astigmatisme est parfaitement corrigé grâce à l'association de deux lentilles combinées, formées chacune de trois, quatre ou cinq verres collés ; on a alors des symétriques à six, huit ou dix verres.

1299. Objectifs dissymétriques. — Ils sont formés de deux combinaisons de deux ou plusieurs éléments se corrigeant l'un l'autre, combinaisons qui peuvent être ou ne pas être aplanétiques et achromatiques. Quelquefois ces lentilles composées ne peuvent être employées séparément. Le diaphragme est placé au centre optique.

Le premier type d'objectif dissymétrique qui ait été construit est l'objectif double de Petzval (1840), connu sous le nom d'objectif à portraits. Le constructeur avait réalisé dans cet objectif un aplanétisme à peu près complet, suivant l'axe, une surface focale assez plane et une grande clarté ; les autres aberrations, en particulier la distorsion de champ et l'aberration chromatique, étaient, au début de la fabrication, peu ou point corrigées. Dallmeyer, en 1860 et 1866, modifia la construction de cet objectif. En 1881, Steinheil créa l'anti-planat, dans lequel les deux combinaisons étaient corrigées des aberrations l'une par excès, l'autre par défaut. En 1890, le Dr Rudolph a démontré que la combinaison symétrique à *caractère normal* était impropre à faire disparaître à la fois l'astigmatisme et la cour-

bure du champ. Avec des combinaisons à *caractère anormal* on peut obtenir un champ plan et détruire l'astigmatisme, mais l'aplanétisme ne peut être réalisé. En associant une combinaison normale avec une combinaison anormale, toutes deux aussi achromatiques que possible, l'élément divergent ayant le plus grand pouvoir dispersif, on peut obtenir un bon objectif. La combinaison normale est, en effet, construite de façon à corriger un peu trop l'aplanétisme, tout en conservant l'astigmatisme; la combinaison anormale, grâce au fort indice de l'élément convergent, a pour but de corriger l'astigmatisme : son défaut d'aplanétisme annule l'excès de correction de la même aberration apportée par la première lentille.

Dans les objectifs dissymétriques formés de deux lentilles se trouve le téléobjectif, constitué par deux éléments convergents très écartés, donnant des images *droites* et à très grande distance focale.

Les objectifs dissymétriques peuvent aussi être établis avec une ou plusieurs combinaisons convergentes associés à une ou plusieurs combinaisons divergentes. Dans ce dernier cas on a des objectifs multiples.

Dans les objectifs doubles dissymétriques, il convient de citer l'orthoscopique de Petzval, composé d'une combinaison convergente formée de deux éléments, associée à une combinaison divergente. La construction de ce type d'objectif, abandonnée pendant de longues années, a été reprise sous le nom de *téléobjectifs*. Ces instruments sont destinés à donner de grandes distances focales sans exiger une monture trop longue ou un tirage trop exagéré. Dans les téléobjectifs le point nodal d'incidence est réel, il marque la place du diaphragme à une distance de la lentille antérieure déterminée par la relation

$$N = -\frac{E\varphi_1}{E - \varphi_1 + \varphi_2}.$$

1300. Objectifs à lentilles multiples. — Les constructeurs d'objectifs photographiques, s'inspirant plus ou moins de ce qu'ont fait les opticiens micrographes, ont imaginé les objectifs à lentilles multiples. Soit un objectif doublé, formé de deux combinaisons convergentes à corrections incomplètes : on peut introduire entre ces deux lentilles un élément divergent ou convergent chargé d'une ou de plusieurs de ces corrections.

C'est le dispositif qui a d'abord été proposé par Sutton dans son triplet, forme d'appareil établie d'abord par plusieurs constructeurs, et dont Dallmeyer (1860) a donné la première solution avantageuse. Zeiss (1890) a essayé, sous une forme différente, la construction de ce triplet, mais y a renoncé. Dans ces derniers temps, Taylor a repris sous le nom d'objectif « Cooke » la construction de cet appareil constitué par trois éléments simples, séparés par des lames d'air. Les derniers modèles de Zeiss (1896), Dallmeyer (1895), sont basés sur ce principe.

La construction des objectifs à lentilles multiples est séduisante en théorie, car il semble que plus on augmente le nombre des lentilles entrant dans une combinaison, plus on dispose d'éléments pour faire disparaître

les aberrations. En réalité il n'en est rien ; en effet, chaque correction n'est jamais faite d'une façon complète ; il y a toujours un *résidu de correction* ; or, ces résidus de corrections s'accumulent à mesure que l'on augmente le nombre des lentilles ; ils arrivent même à créer des aberrations nouvelles à mesure que les anciennes disparaissent. Dans la pratique, par l'emploi d'un nombre considérable de lentilles, on complique la construction, on diminue la quantité de lumière qui frappe la plaque sensible, car les rayons lumineux sont éteints par des épaisseurs de verre croissant et par des réflexions intérieures qui peuvent produire le phénomène de la tâche centrale (I, **61**).

Il ne paraît pas, dans l'état actuel de l'optique photographique, qu'il y ait avantage à employer des combinaisons autres que les doubles, formées chacune de trois ou quatre éléments, soit huit verres pour un objectif.

BIBLIOGRAPHIE

MIETHE. *Optique photographique sans développement mathématique.*
MOESSARD (Colonel). *Leçons d'optique photographique.*
SORET. *Cours théorique et pratique de photographie.*
WALLON. *Les petits problèmes du photographe.*

CHAPITRE II.

CALCUL D'UN OBJECTIF.

1301. Méthode de calcul. — Calculer un objectif consiste à établir une série de relations *approchées* entre les indices de réfraction, les rayons de courbure, les distances focales et l'écartement des lentilles qui constituent la combinaison que l'on veut établir.

Cette combinaison sera formée d'une ou plusieurs lentilles simples, suivant que l'on recherchera la clarté (portraits, instantanées), l'absence de distorsion (monuments, sujets d'architecture), l'absence d'astigmatisme (reproductions, phototypographie), etc. Il y a souvent intérêt à sacrifier une correction pour rendre les autres plus parfaites.

On peut employer successivement deux méthodes de calcul : l'une est connue sous le nom de *méthode directe*, *algébrique* ou *approchée;* l'autre est connue sous le nom de méthode *indirecte, trigonométrique* ou *exacte*. La méthode algébrique ne peut suffire à cause du caractère approximatif des formules que l'on emploie : elle permet d'établir pour des lentilles *supposées sans épaisseur* les valeurs des rayons de courbure en fonction des indices de réfraction, des longueurs focales et de certaines conditions (aplanétisme, achromatisme, etc.). L'épaisseur, l'écartement des lentilles ne sont pas déterminés. A l'aide des résultats approchés fournis par cette méthode, on peut tracer graphiquement le profil des lentilles, fixer l'ouverture de l'objectif et déterminer approximativement les épaisseurs et écartements des combinaisons.

Il vaut mieux adopter provisoirement les éléments des lentilles déterminées par la méthode approchée et calculer trigonométriquement le trajet des rayons qui traversent le système. En général, les rayons marginaux et centraux des diverses couleurs ne se réunissent pas soit sur l'axe, soit hors de l'axe. On fait alors des approximations successives jusqu'à ce que les résultats numériques soient satisfai-

sants. L'emploi de cette méthode nécessite de longs calculs, mais elle permet de réduire à un minimum les retouches que l'opticien doit faire subir à l'objectif (**1044**, **1045**).

1302. Calcul d'un objectif constitué par une lentille double convergente. — La longueur focale de la lentille donne lieu à une première équation dite équation de convergence[1]. L'équation d'aplanétisme exprime que les rayons centraux ou marginaux convergent en un même point; enfin, l'équation d'achromatisme doit être satisfaite pour que les rayons centraux de diverses réfrangibilités convergent en un même point. Les inconnues étant les quatre rayons de courbure des deux verres, il faut une quatrième équation. On écrit habituellement que la *condition de Clairaut* est satisfaite, c'est-à-dire que les surfaces en contact du crown et du flint ont même rayon de courbure, et, par suite, s'appliquent exactement l'une sur l'autre sur toute leur étendue.

Désignons par D la distance du point lumineux à la surface de la lentille; l'inverse de cette distance sera la proximité du point lumineux. On a donc

$$d = \frac{1}{D}.$$

R étant le rayon de courbure de la surface, la courbure est $r = \frac{1}{R}$. Le point de convergence des rayons est le foyer; il est à une distance F de la surface et sa proximité f est

$$f = \frac{1}{F}.$$

Les quantités relatives à la première surface de la lentille sont

$$D_1, \quad R_1, \quad F_1, \qquad d_1, \quad r_1, \quad f_1;$$

celles relatives à la deuxième surface de la première lentille sont

$$D'_1, \quad R'_1, \quad F'_1, \qquad d'_1, \quad r'_1, \quad f'_1.$$

Le *pouvoir* d'une lentille sera f'; ce pouvoir prend une valeur particulière l lorsque le rayon lumineux tombant sur la première face est parallèle à l'axe. Le pouvoir principal de la combinaison sera représenté par φ. L'indice de réfraction du verre étant représenté par n, son inverse

$$m = \frac{1}{n}$$

sera affecté de l'indice qui caractérise la lentille correspondante. Nous affecterons toutes les quantités du signe + lorsqu'elles seront situées, par rapport à la surface réfringente, du côté où va la lumière, et du signe — dans le cas contraire.

On trouve que l'équation de convergence s'exprime par

$$(1) \qquad \varphi = l_1 + l_2 = (n_1 - 1)(r_1 - r'_1) + (n_2 - 1)(r_2 - r'_2).$$

1. A. Martin, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 173

L'équation d'aplanétisme sera

$$\text{(II)}\qquad \left\{\begin{aligned} 0 = {} & \frac{n_1+2}{n_1} l_1 r_1^2 - \frac{2n_1+1}{n_1-1} l_1^2 r_1 + \frac{n_2+2}{n_2} l_2 r_2^2 \\ & - \frac{2n_2+1}{n_2-1} l_2^2 + \frac{4n_2+4}{n_2} l_1 l_2 \Big) r_2 + \frac{n_1^2}{(n_1-1)^2} l_1^3 \\ & + \frac{3n_2+2}{n_2} l_1^2 l_2 + \frac{n_2^2}{(n_2-1)^2} l_2^3 + \frac{3n_2+1}{n_2-1} l_2^2 l_1 . \end{aligned}\right.$$

Pour établir l'équation d'achromatisme, on rapporte à la raie du sodium les indices et pouvoirs n_1, n_2, l_1, l_2, φ. En désignant par π_1 et π_2 les pouvoirs dispersifs des deux verres dans l'intervalle des deux couleurs considérées, le rapport des pouvoirs dispersifs sera

$$\omega = \frac{\pi_1}{\pi_2} .$$

L'équation d'achromatisme sera

$$\text{(III)}\qquad 0 = l_1\omega + l_2 .$$

La condition de Clairaut sera exprimée par

$$\text{(IV)}\qquad r'_1 = r_2 .$$

On peut se donner la valeur de φ et la prendre pour unité; mais il est mieux de prendre comme unité l_1, c'est-à-dire le pouvoir de la première lentille. L'équation (III) devient

$$\text{(III')}\qquad l_2 = -\omega ,$$

et l'équation II

$$\begin{aligned} & \frac{n_1+2}{n_1} r_1^2 - \frac{2n_1+1}{n_1-1} r_1 - \frac{n_2+2}{n_2} \omega r_2^2 \\ & - \Big(\frac{2n_2+1}{n_2-1}\omega^2 - \frac{4n_2+4}{n_2}\omega\Big) r_2 + \frac{n_1^2}{(n_1-1)^2} \\ & - \frac{3n_2+2}{n_2}\omega - \frac{n_2^2}{(n_2-1)^2}\omega^3 + \frac{3n_2+1}{n_2-1}\omega_2 = 0 . \end{aligned}$$

Les équations

$$l_1 = (n_1-1)(r_1 - r'_1), \qquad l_2 = (n_2-1)(r_2 - r'_2),$$

combinées avec l'équation (III'), donnent

$$r_1 = r'_1 + \frac{1}{n_1-1}, \qquad r'_2 = r_2 + \frac{\omega}{n_2-1},$$

et, d'après l'équation (IV),

$$r_1 = r_2 + \frac{1}{n_1-1}, \qquad r'_2 = r_2 + \frac{\omega}{n_2-1} .$$

Substituons cette valeur de r_1 dans l'équation (III'), qui réunit les conditions d'achromatisme, et pour simplifier posons :

$$\alpha_1 = \frac{1}{n_1 - 1},$$

$$A_1 = \frac{n_1 + 2}{n_1}, \qquad B_1 = \frac{2n_1 + 1}{n_1 - 1}, \qquad E_1 = \frac{n_1^2}{(n_1 - 1)^2},$$

$$G_1 = \frac{4n_1 + 4}{n_1}, \qquad J_1 = \frac{3n_1 + 1}{n_1 - 1}, \qquad L_1 = \frac{3n_1 + 2}{n_1},$$

α_2, A_2, B_2, ... étant les valeurs de ces mêmes coefficients pour l'indice n_2; posons, de plus,

$$C = A_2\omega, \qquad D = G\omega - B_2\omega^2, \qquad F = L_2\omega - J^2\omega^2 + E_2\omega^3.$$

Après réductions, on obtient l'équation du second degré en r_2 :

$$(A_1 - C)\, r_2^2 + (D + 2A_1\alpha_1 - B_1)\, r_2 + A_1\alpha_1^2 - B_1\alpha_1 + E_1 - F = 0,$$

ou, en posant,

$$a = A_1 - C,$$
$$b = D + 2A_1\alpha_1 - B_1,$$
$$c = A_1\alpha_1^2 - B_1\alpha_1 + E_1 - F,$$

les équations donnant les quatre courbures d'un système de deux lentilles convergent, aplanétique et achromatique pour des rayons parallèles à l'axe, le *crown étant placé en avant*, seront :

$$r_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a},$$
$$r_1 = r_2 + \alpha_1,$$
$$r'_1 = r_2,$$
$$r'_2 = r_2 + \omega\alpha_2.$$

La solution $r_2 = \dfrac{-b - \sqrt{b^2 4ac}}{2a}$ est à rejeter.

Le pouvoir principal de l'objectif ainsi constitué est

$$\varphi = 1 - \omega.$$

Les rayons de courbure et la distance focale principale sont

$$R_1 = \frac{1}{r_1}, \quad R'_1 = \frac{1}{r'_1}, \quad R_2 = \frac{1}{r_2}, \quad R'_2 = \frac{1}{r'_2}, \quad \Phi = \frac{1}{\varphi}.$$

On multipliera toutes ces valeurs par le coefficient $1 - \omega$ pour avoir les rayons de courbure d'un objectif dont la distance focale soit égale à 1.

En prenant des verres pour lesquels le rapport des pouvoirs dispersifs est faible, égal par exemple à 0,55, on trouve que les courbures sont peu accentuées. Ce rapport croissant graduellement, la surface extérieure du verre léger, d'abord un peu convexe, devient peu à peu d'abord plane, puis concave, tandis que la convexité de la surface extérieure du verre va en augmentant; chacun des deux verres est alors un ménisque. Pour que la lentille soit convergente, il faut que l'élément convergent soit fait du verre le moins dispersif.

Quand on a obtenu les courbures d'une lentille convergente, on n'a plus, pour former une lentille divergente de même distance focale, qu'à changer le sens de toutes les courbures, faisant concaves celles qui sont convexes, et inversement, tout en leur laissant leur valeur.

Si l'on veut dans cet objectif placer le *flint en avant*, désignant par ω le rapport du pouvoir dispersif du crown à celui du flint, prenant pour unité le pouvoir de la lentille de crown $l_2 = 1$, les équations donnant les quatre courbures seront :

$$r_2 = \frac{-b' \pm \sqrt{b'^2 - 4a'c'}}{2a'},$$
$$r_1 = r_2 - \omega\alpha_1,$$
$$r'_1 = r_2,$$
$$r'_2 = r_2 - \alpha_2,$$

Le valeurs a', b', c' étant

$$a' = A^2 - A_1\omega,$$
$$b' = B_2 - G_2\omega + (B_1 - 2A_1\alpha_1)\omega^2,$$
$$c' = (B_1\alpha_1 - A_1\alpha_1^2 - E_1)\omega^3 - L_2\omega^2 - J_2\omega + E_2 = 0.$$

Le pouvoir principal de l'objectif ainsi constitué est $\varphi = 1 - \omega$, et pour avoir les courbures correspondant à une distance focale principale égale à 1, il faut multiplier les valeurs trouvées par le coefficient $\frac{1}{1-\omega}$.

1303. Construction d'un objectif à trois verres. — Les équations donnant les six courbures d'un système de trois lentilles, aplanétique pour les rayons parallèles à l'axe et achromatisé pour trois couleurs, sont :

$$r_2 = \frac{-Y \pm \sqrt{Y^2 - 4XZ}}{2X},$$
$$r_1 = r_2 + \alpha_1,$$
$$r'_1 = r_2,$$
$$r'_2 = r_2 + \omega\alpha_2,$$
$$r_3 = r'_2,$$
$$r'_3 = r_2 + \omega\alpha_2 - \omega'\alpha_3 = r_2 - \omega'\alpha_3.$$

Dans la première de ces équations :

$$X = A_1 - A_2\omega + A_3\omega',$$
$$Y = 2A_1\alpha_1 + 2A_3\alpha_2\omega\omega' - B_1 - B_2\omega^2 - B_3\omega'^2 + G_2\omega - G_3\omega'(1-\omega),$$
$$Z = A_1\alpha_1^2 + A_3\alpha_2^2\omega^2\omega' - B_1\alpha_1 - B_3\alpha_2\omega\omega'^2 + E_1 - E_2\omega^3 + E_3\omega'^3 - G_3\alpha_2\omega\omega'(1-\omega) + J_2\omega^2 + J_3\omega'^2(1-\omega) - L_2\omega + L_3\omega'(1-\omega),$$

ω et ω' sont en valeur absolue :

$$\omega = \frac{\pi'_1\pi_3 - \pi_1\pi'_3}{\pi_3\pi'_2 - \pi'_3\pi_2},$$
$$\omega' = \frac{\pi'_1\pi_2 - \pi_1\pi'_2}{\pi_3\pi'_2 - \pi'_3\pi_2},$$

π_1, π_2, π_3 étant les pouvoirs dispersifs des trois lentilles entre la première et la seconde couleur;

π'_1, π'_2, π'_3 étant les pouvoirs dispersifs des trois lentilles entre la première et la troisième couleur; les autres coefficients gardent la signification indiquée plus haut.

Le pouvoir principal de l'objectif ainsi constitué est

$$\varphi = 1 - \omega + \omega'.$$

Pour avoir les courbures correspondant à une distance focale principale égale à 1, il faut multiplier les valeurs trouvées pour les courbures par le coefficient

$$\frac{1}{1 - \omega + \omega'}.$$

Pour que la lentille soit convergente pour $l_1 = 1$, il faut que

$$\omega - \omega_1 < 1.$$

Les trois couleurs pour lesquelles on cherche à réaliser l'achromatisme correspondent aux raies D, F et H_γ.

1304. Objectif à trois lentilles construit avec deux sortes de verre. — Si l'on ne veut pas rendre l'objectif achromatique pour trois couleurs, on peut prendre le même verre pour la première et pour la troisième lentille :

$$-\frac{l_2}{l_1} = \frac{\pi_1}{\pi_2}\left(1 + \frac{l_3}{l_1}\right).$$

On peut disposer arbitrairement de $\frac{l_3}{l_1}$, ou s'imposer une condition nouvelle, celle de Prasmowski (A, **1059**).

1305. Condition de Prasmowski. — Cette condition consiste à imposer à la combinaison une disposition telle que les rayons la traversent tout entière sous le minimum de déviation. Elle est satisfaite lorsque le produit des cosinus des angles d'incidence du rayon aux surfaces successives est égal au produit des cosinus des angles de réfraction correspondants. On peut l'introduire dans le calcul direct si on se borne à considérer les rayons voisins de l'axe.

Les équations donnant les quatre courbures d'un système de deux lentilles, aplanétique, achromatique, et satisfaisant à la condition de Prasmoski, seront :

$$\left\{ r_2 = \frac{-(D + 2A_1\beta\gamma - B_1\beta) \pm \sqrt{D + 2A_1\beta\gamma - B_1\beta)^2 - 4(A_1\beta^2 - C)(A_1\gamma^2 - B_1\gamma + E_1 - F)}}{2(A_1\beta^2 - C)} \right.$$

Les symboles A, B, C, D, E, F, ω conservent les valeurs indiquées plus haut; de plus

$$\beta = \frac{G_2}{G_1}\omega, \qquad \gamma = \frac{P_1 + P_2\omega^2 - G_2\omega}{G_1} \quad \text{et} \quad P = \frac{2n+2}{n-1}, \quad G = \frac{4n+4}{4}.$$

Le pouvoir principal du système est $\varphi = 1 - \omega$, et pour avoir les courbures correspondant à une distance focale principale égale à 1, il faut multiplier les valeurs trouvées pour les courbures par le coefficient $\frac{1}{1-\omega}$.

Si l'on veut construire un objectif triple, aplanétique, achromatisé pour trois couleurs et satisfaisant à la condition de Prasmowski pour les rayons parallèles, il faut, dans le calcul, renoncer à l'une des deux équations de Clairaut. Supposons que seules la première et la seconde lentille auront une face commune, les équations seront :

$$r_2 = \frac{-Y' \pm \sqrt{Y'^2 - 4X'Z'}}{2X'},$$
$$r_1 = r_2 + \alpha_1,$$
$$r'_1 = r_2,$$
$$r'_2 = r_2 + \omega r_2,$$
$$r_3 = \beta' r_2 + \gamma',$$
$$r'_3 = r_3 - \omega' a^3.$$

Les valeurs des divers symboles sont les suivantes :

$$X' = A_1 - A_2\omega + A_3\omega',$$
$$Y' = 2A_1x_1 - B_1 + 2A_3\omega'\beta'\gamma' - B_2\omega^2 - B_3\omega'^2\beta' + G_2\omega - G_3\omega'(\omega - 1)\beta',$$
$$Z' = E_1 - B_1x_1 + A_1x_1^2 - L_2\omega + A_3\omega'\gamma'^2 + J_2\omega^2 - B_3\gamma'\omega'^2 - G_3\omega'(\omega - 1)\gamma' - E_2\omega^3 - E_3\omega'^3 + L_3\omega'(\omega - 1)^2 - J_3\omega'^2(\omega - 1),$$
$$\beta' = \frac{G_2\omega - G_1}{G_3\omega'},$$
$$\gamma' = \frac{P_1 + P_2\omega^2 + P_3\omega'^2 - G_2\omega - G_3\omega'(\omega - 1)}{G_3\omega'}.$$

Le pouvoir principal du système est représenté par

$$\varphi = 1 - \omega + \omega'.$$

Pour avoir les courbures correspondant à une distance focale principale égale à 1, il faut multiplier les valeurs trouvées par le coefficient

$$\frac{1}{1 - \omega + \omega'}.$$

MM. Martin et Wallon ont calculé et réuni en forme de tables les valeurs numériques de tous les coefficients A_1, B_1, C_1 ... etc., et de leurs logarithmes en fonction des indices de réfraction [1].

1306. Opérations à effectuer pour la construction des objectifs simples. — On commence par mesurer les indices de réfraction des verres que l'on emploiera : ces mesures doivent être effectuées à moins d'une demi-unité de la quatrième décimale; on

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 526.

en déduit les pouvoirs dispersifs et, par suite, le rapport ω de ces pouvoirs dispersifs.

On calcule successivement, soit avec des tables de logarithmes usuels, soit avec des tables de logarithmes de somme ou de différences de Gauss, soit à l'aide des tables de MM. Martin et Wallon, les valeurs des divers coefficients A_i, B_i, C_i...; on en déduit les valeurs des courbures r et le pouvoir de la lentille; les courbures qui tournent leur convexité vers l'incidence sont positives.

Tous ces calculs ne donnent qu'une valeur approchée des courbures, puisque l'on néglige certains éléments importants tels que l'épaisseur des verres; il est donc indispensable de vérifier les résultats fournis par le calcul. Cette vérification consiste à suivre dans leur trajet à travers l'objectif deux rayons *centraux,* jaune et violet par exemple, et deux rayons marginaux de même nature, et à s'assurer qu'en émergeant ils se coupent au même point. On effectue cette vérification en construisant graphiquement un profil des lentilles en leur donnant l'ouverture voulue : on en déduit une valeur approchée de l'épaisseur. Si les rayons centraux et les rayons marginaux ne se coupent pas au même point, on change le rapport des courbures du verre lourd sans changer leur différence, de façon à changer les aberrations sans modifier le foyer. On calcule de nouveau la courbure du verre léger pour les rayons centraux; on fait les mêmes calculs pour une couleur intermédiaire, bleu ou indigo, pour avoir une notion exacte des résidus d'aberration.

En général, si les corrections sont bonnes sur l'axe principal, les aberrations sont négligeables sur le faisceau oblique; il faut quelquefois modifier un peu les courbures; on trace le nouveau profil des lentilles, on recommence les calculs pour les rayons parallèles à l'axe, jusqu'à ce que l'on arrive à faire concorder les rayons centraux et les rayons marginaux.

Quand on a obtenu ainsi de bonnes données théoriques, mais alors seulement, on peut entreprendre la construction de l'objectif; il reste, il est vrai, quelques retouches locales à faire : elles seront en général peu importantes et constituent le tour de main du fabricant.

1307. Objectifs doubles ou combinés. — Dans la construction des objectifs doubles résultant de la combinaison de deux objectifs *simples* (objectifs constitués par deux ou trois lentilles accolées),

on dispose d'une nouvelle inconnue qui est l'*écartement* des deux combinaisons : les opticiens donnent souvent le nom de *repos* à cet écartement des verres. Si les combinaisons sont semblables et symétriquement disposées, on se trouve, par la construction même, très près de satisfaire à la condition de Prasmowski. On fait une série d'épures en faisant varier l'écartement des deux combinaisons jusqu'à ce que le produit des cosinus d'incidence soit égal au produit des cosinus d'émergence.

L'examen des diverses épures ainsi construites indique la solution la plus favorable pour la construction que l'on veut réaliser. Le plus souvent de légères modifications dans les épaisseurs des verres établis d'après ces données suffisent pour détruire les aberrations; les essais que l'on fait avec les objectifs ainsi construits renseignent immédiatement sur la grandeur des corrections qui restent à faire.

BIBLIOGRAPHIE

A. MARTIN. *Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de photographie.*

CHAPITRE III.

ESSAI DES OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

§ 1. — Méthode de Kew.

1308. Utilité de l'essai des objectifs. — Le calcul ne fournissant que d'une manière approchée les renseignements nécessaires à la construction d'un objectif, il est indispensable, pour l'opticien, de connaître le sens des retouches qu'il doit faire subir aux lentilles qui constituent l'instrument. Pour l'amateur, pour le photographe de profession, il est intéressant de connaître les constantes de l'objectif qu'il emploie, en particulier si l'objectif convient ou non à la dimension des plaques dont il compte se servir; enfin, le fournisseur d'articles photographiques devrait connaître tout au moins le *coefficient de cherté d'un objectif* (c'est-à-dire le rapport du prix à la surface ronde nettement couverte par cet objectif), ou, en d'autres termes, le coût d'un centimètre carré de la surface ronde nettement couverte. Ces renseignements sont donnés soit par l'essai *optique*, soit par l'essai *photographique* de l'objectif.

1309. Essai optique. — L'essai optique peut être rapidement fait à l'aide de la méthode du commandant Moessard (t. I, p. 323). Quelques modifications ont été apportées à cette méthode; les plus connues sont celles qui sont usitées pour l'examen des objectifs photographiques à l'Observatoire de Kew [1].

Le certificat d'examen d'un objectif photographique comporte, à l'Observatoire de Kew, les réponses aux dix-sept questions suivantes :

1° Numéro de l'objectif; 2° catégorie (portraits, paysages, etc.); 3° nom

1. Les renseignements relatifs à cette méthode d'essai sont empruntés au Mémoire de M. le major L. Darwin, traduction de M. E. Cousin. Paris, Gauthier-Villars, éditeur.

du fabricant; 4° dimension de la plaque pour laquelle l'objectif doit être examiné; 5° nombre de surfaces réfléchissantes; 6° centrage dans la monture; 7° défauts apparents (stries, veines, fusées, etc.); 8° tache centrale; 9° ouvertures utiles correspondant aux différents diaphragmes; 10° champ de visibilité avec le plus grand diaphragme; 11° longueur focale principale; 12° courbure du champ ou forme de la surface focale principale; 13° pouvoir définissant au centre avec le plus grand diaphragme; 14° distorsion; 15° achromatisme; 16° astigmatisme; 17° illumination du champ.

On a adopté les définitions suivantes à l'Observatoire de Kew : un objectif est dit *petit angle* s'il n'embrasse pas plus de 35°; si l'angle est compris entre 35 et 55°, l'objectif est dit d'*angle moyen*; un *grand angle* comprend de 55 à 75°; l'instrument est dit *extra grand angle* quand il embrasse plus de 75°.

Le système de numération des diaphragmes est le système proposé par le Congrès international de 1889. Le plus grand diaphragme normal est le plus grand diaphragme permettant d'obtenir avec l'objectif une netteté d'un degré déterminé sur tous les points d'une plaque de la dimension fixée pour l'examen.

Un objectif *lent* est celui dont le plus grand diaphragme normal a un diamètre moindre que le n° 6 C. I. (Congrès International); un objectif *semi-rapide* est celui dont le plus grand diaphragme est compris entre celui du n° 6 C. I. et celui du n° 2 C. I.; si le diamètre du plus grand diaphragme normal est compris entre celui n° 6 et n° 2, l'objectif est dit *rapide;* il est dit *extra-rapide* si le diamètre du plus grand diaphragme normal est égal ou supérieur au n° 2/3.

Le nombre des *surfaces réfléchissantes* d'un objectif peut être déterminé en passant dans une chambre obscure et observant la réflexion de la flamme d'une bougie sur les lentilles : chaque surface de lentille donne une image directement réfléchie et on peut en compter le nombre.

Les défauts de centrage peuvent provenir : 1° de ce que l'axe optique d'un système de lentille ne coïncide pas avec l'axe de la monture; ce défaut est presque toujours négligeable; 2° les axes optiques des différentes lentilles d'un objectif peuvent ne pas être dans le prolongement les uns des autres sur une même ligne droite. On le vérifie en employant la méthode de Wollaston (I, **166**) : on regarde la flamme d'une bougie à travers l'objectif, placé assez loin de la bougie; pour que l'objectif soit bien centré il faut que par un mouvement convenable de tout l'objectif on puisse amener sur une *même ligne droite* les différentes images de la flamme réfléchies successivement par les surfaces de verre; ce phénomène ne se produira que si toutes les lentilles sont montées sur un même axe.

Les défauts apparents se reconnaissent en plaçant l'œil au foyer principal de l'objectif, celui-ci étant dirigé vers le ciel.

L'existence de la *tache centrale* se démontre en mettant au point l'objectif placé sur une chambre noire munie de son verre dépoli : en dirigeant l'objectif vers le ciel, la tache centrale apparaît immédiatement.

Ces essais peuvent être exécutés sans appareils spéciaux; mais pour reconnaître si les corrections de l'objectif ont été bien faites, il faut employer un appareil spécial que M. Darwin appelle *testing camera* (chambre à essais). Cet appareil (*fig. 3*) consiste essentiellement en une chambre

noire VH, susceptible de se mouvoir autour d'un axe vertical A, qui ren-

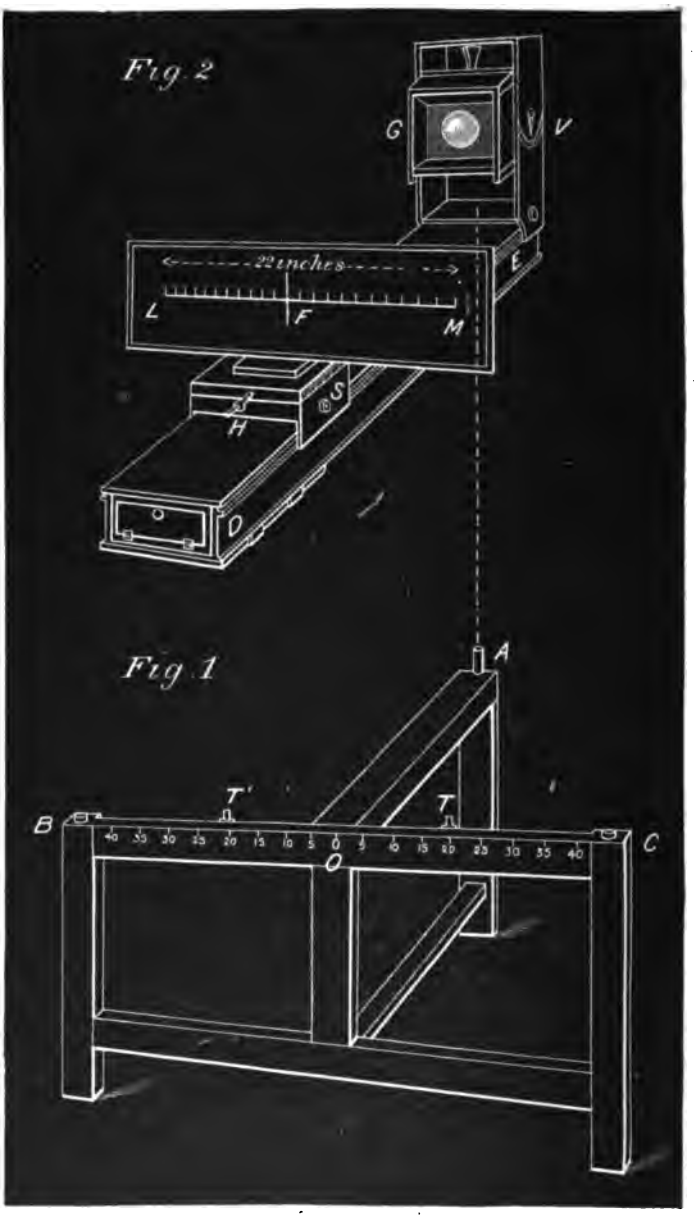


Fig. 3.

contrerait l'axe de l'objectif. Le porte-objectif G et le verre dépoli LM de

grandes dimensions) peuvent se mouvoir en avant et en arrière sur une base DE appelée *platine oscillante*. L'ensemble de l'appareil est placé sur un trépied ABC. La platine oscillante est soutenue par le pivot A autour duquel elle peut tourner et par la traverse BC. Le verre dépoli LM porte une graduation en demi-millimètres, graduation tracée sur une ligne horizontale passant par le centre du verre dépoli : cette droite est parallèle à BC et perpendiculaire à la droite qui joint le centre du porte-objectif au centre du verre dépoli.

Si l'on fait mouvoir la platine oscillante autour du pivot A, l'image d'un objet venant se peindre en F se déplacera le long de la graduation. La mise au point approchée s'effectue en faisant avancer ou reculer le chariot à verre dépoli ; on termine cette mise au point à l'aide d'une vis à mouvement lent H ; les petits déplacements ainsi produits peuvent être mesurés à l'aide d'une échelle graduée appelée *échelle des foyers*. Le porte-objectif est muni d'un mouvement analogue à celui des bascules d'arrière des chambres noires : l'objectif peut tourner autour d'un axe horizontal GV, parallèle à LM. Un arc vertical V donne la valeur angulaire de la rotation de l'objectif. Un dispositif permet de faire avancer l'objectif en avant et en arrière sur le porte-objectif oscillant, de telle sorte que l'on peut faire passer l'axe horizontal par tous les points de l'axe de l'objectif.

Le *diamètre de l'ouverture utile* correspondant à un diaphragme se mesure de la manière suivante : on met au point un objet très éloigné, et pour cette mesure l'emploi d'une mire et d'un collimateur sont très utiles. On enlève le verre dépoli et on le remplace par une feuille de métal mince percée en son centre d'un trou, très petit, qui se trouve ainsi au foyer principal de l'objectif. On place une source de lumière aussi près que possible de ce trou, de sorte que des rayons parallèles sortent de l'autre côté de l'objectif, en avant, et viennent dessiner un cercle sur un verre dépoli gradué, placé en avant de l'objectif. On peut ainsi mesurer le diamètre du cercle lumineux. Le rapport entre le diamètre du cercle mesuré et le diamètre du diaphragme placé dans l'objectif donne l'ouverture utile.

La détermination du *champ de visibilité* ou cône d'illumination s'effectue en plaçant d'abord le point nodal d'émergence N_1 sur l'axe de rotation GV ; pour cela on met au point un objet éloigné, on fait tourner l'objectif d'un petit angle autour de son axe horizontal : si l'image se déplace sur le verre dépoli, c'est que l'axe de rotation ne passe pas par le point nodal d'émergence. On fait avancer ou reculer le porte-objectif, et on rectifie la mise au point jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de déplacement de l'image. On remplace le verre dépoli par une feuille de métal mince percée d'un trou, on regarde au travers de ce trou, tout en faisant tourner le porte-objectif autour de son axe horizontal, l'axe de l'objectif s'écartant du 0 dans les deux sens ; on lit sur l'arc vertical V, l'arc compris entre ces deux positions : il mesure l'angle bN_1a (*fig. 4*) qui est celui du champ de visibilité. Pour réduire au minimum les causes d'erreur, la feuille de métal percée du petit trou doit être aussi éloignée que possible de l'objectif. L'arc vertical est disposé de façon à marquer 0° quand l'axe de l'objectif est horizontal ; on obtient ce résultat par tâtonnements.

La mesure de la *distance focale principale* s'obtient en utilisant les deux arrêts (*fig. 3*) T et T′, mobiles, et que l'on peut facilement régler. On amène

la platine oscillante dans une position telle que le centre du chariot soit au 0 de la graduation BC. On met au point un objet situé à l'infini, ou bien la mire vue dans le collimateur. Dans ces conditions, la ligne qui joint le centre de la glace dépolie au centre de l'objectif a sur son prolongement la mire éloignée. Si on déplace dans un sens ou dans l'autre la platine oscil-

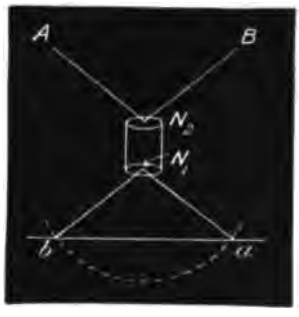


Fig. 4.

Fig. 5.

lante, l'image semble courir le long de la ligne graduée tracée sur le verre dépoli ; on note sur cette graduation les positions occupées par l'image lorsque la platine oscillante est en contact d'abord avec l'arrêt T et ensuite avec l'arrêt T'. La distance qui sur la graduation sépare ces deux positions extrêmes, multipliée par 2, donne la longueur focale principale N_1F (*fig. 5*) de l'objectif examiné. En effet, l'angle $C'N_1B'$ représente le déplacement angulaire de la platine oscillante autour du pivot vertical, et les arrêts T et T' sont réglés de telle sorte que

$$\text{tang } C'N_1F = \frac{1}{4} \quad \text{et} \quad 2C'B' = FN_1 ;$$

par suite, le double de la distance C'B', mesurée sur le verre dépoli, donne FN_1, qui est la longueur focale principale de l'objectif.

Ce procédé de mesure suppose que la surface focale principale correspondant à des points éloignés est plane, que l'objectif est bien corrigé de la distorsion et enfin qu'il n'y a point de foyer chimique. On peut déterminer l'erreur provenant de la courbure du champ en faisant la mise au point sur B' ou C' et sur F.

Si l'objectif n'est pas bien corrigé de la distorsion, N_1 et N_2 (*fig. 6*) étant les points nodaux, F le foyer principal, B"C" les images des points B et C situés à l'infini, les lignes SB" et SC" se couperont en S; la détermination entraînera une erreur égale à SN_1, erreur qui est généralement négligeable. Celle provenant de l'existence du foyer chimique est de même ordre. Ces erreurs peuvent être diminuées en faisant l'angle $B'N_1C'$ plus petit ; mais alors la précision de la méthode est moins grande parce que les longueurs que l'on mesure sur le verre dépoli sont plus petites.

Pour déterminer la *courbure de la surface focale principale*, on vise un objet éloigné et on met au point au centre du verre dépoli ; on lit sur l'échelle

Fig. 6.

des foyers la longueur correspondante. On fait tourner la platine de façon que l'image vienne occuper différentes positions à des distances convenables du centre. Chaque fois la mise au point est refaite à nouveau, et on relève

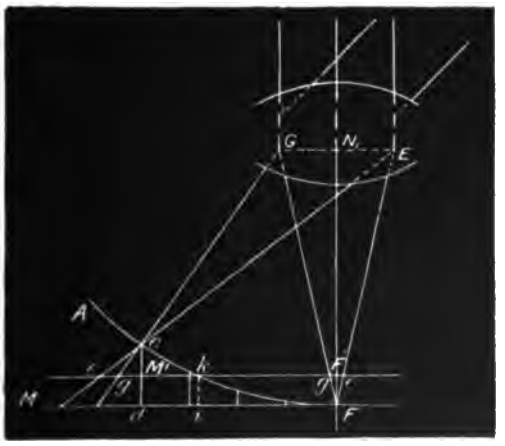


Fig. 7.

sur l'échelle des foyers les longueurs correspondantes. On peut alors construire la courbe AF (*fig. 7*) représentant une section de la surface focale prin

cipale, soit $cd = \mu$ le déplacement nécessaire pour faire la mise au point sur les bords de la plaque, soit $EG = \varepsilon$ l'ouverture utile de l'objectif. Dans la pratique, la mise au point est faite de manière à obtenir la meilleure netteté générale : le diamètre du plus grand disque de diffusion (I, **153**) sur la plaque sera $eg = \delta$. Si l'objectif ne présente pas de distorsion

$$\mu = \frac{2\delta}{\varepsilon}(f - \mu)$$

ou très sensiblement

$$\mu = \frac{2\delta}{\varepsilon} f.$$

On sait que le numéro C. I. du diaphragme est égal à $\frac{f^2}{100\varepsilon^2}$; donc,

$$\mu = 20\delta\sqrt{\nu},$$

ν étant le numéro du diaphragme (Congrès international).

Le pouvoir définissant au centre avec le plus grand diaphragme est mesuré à l'observatoire de Kew en déterminant quelle est la ligne la plus fine dont l'image commence à être visible. On utilise comme *test-objet* une lame mince, bien plane, en acier. Cette lame a environ 0m0025 de large et 0m025 de long; elle est montée dans sa longueur sur un axe autour duquel elle peut tourner, de sorte que si on la regarde devant un fond blanc elle représente une ligne noire d'épaisseur variable; elle est si mince que lorsqu'elle se présente de champ devant l'objectif son image est invisible. Un arc gradué permet de lire immédiatement l'angle sous lequel on verrait la lame en se mettant à la place de l'objectif, ce qui donne un moyen d'apprécier la finesse apparente de la ligne. Le test-objet est placé aussi loin que possible de l'objectif, dans une pièce obscure, et derrière lui se trouve un écran en verre dépoli éclairé par une lampe. On met au point, puis on présente le test-objet de champ : son image est invisible. On le fait tourner jusqu'à ce que l'on constate l'apparence d'une ligne noire sur un fond blanc; on lit alors le diamètre apparent de la ligne qui est pris comme mesure du pouvoir définissant de l'objectif au centre du champ. La lumière de la lampe doit être réglée de façon que la ligne apparaisse le plus tôt possible. On recommence l'observation pour les différents points du verre dépoli; mais le *test-objet* doit être disposé de façon que la lame d'acier fasse un angle de 45° avec l'horizon pour éviter l'influence de l'astigmatisme. On place successivement les diaphragmes dans l'objectif jusqu'à ce que l'image de la ligne noire dans l'objectif commence à être visible.

Pour déterminer *la distorsion*, on opère de la manière suivante : soit GG (*fig. 8*) le verre dépoli, N_1F l'axe horizontal qui passe par le point nodal d'émergence; on tourne le porte-objectif muni de l'objectif d'un angle β, tel que f tg β soit égal à la moitié du plus petit côté de la plaque pour laquelle l'objectif est construit. Cet angle β peut être déterminé facilement à l'aide du mouvement horizontal de la platine oscillante. On met d'abord au point sur un objet éloigné au centre de la glace dépolie, puis on fait tourner la platine oscillante autour de l'axe A jusqu'à ce que l'image se soit déplacée sur la graduation du verre dépoli d'une longueur égale à la moitié du plus petit côté de la plaque; on peut lire assez exactement la mesure sur la règle

du support à trois pieds qui porte une graduation à cet effet. Cela fait, on met au point sur l'image d'un objet éloigné se présentant en P, au-dessous du point C, c'est-à-dire de la ligne graduée du verre dépoli; on mesure la longueur PC, on multiplie PC par sec β :

$$PC \sec \beta = C'P = a.$$

On fait alors tourner la platine oscillante de façon que l'image se déplace

Fig. 8.

sur la graduation du verre dépoli d'une distance égale à la longueur du plus grand côté de la plaque pour laquelle on examine l'objectif; après ce déplacement, on met au point sur le même objet P, et la longueur C'P est obtenue à nouveau par une mesure et un calcul. Soit b le résultat obtenu, on recommence l'opération après avoir fait tourner la platine oscillante d'un angle compté à partir de 0 dans l'autre sens, ce qui donne un troisième résultat c. La flèche de la courbe de distorsion sera sensiblement

$$\frac{b+c}{2} - a.$$

On considérera le nombre qui mesure la distorsion comme positif si la flèche est en dedans du rectangle formé par la plaque à couvrir (distorsion en croissant); elle est négative si elle est en dehors (distorsion en barillet). Pour un objectif à portraits, le point P doit être à une distance de 7 mètres au plus.

La recherche de *l'achromatisme* s'effectue en faisant la mise au point dans la lumière blanche, puis dans la lumière bleue et la lumière rouge. On

met au point un objet placé dans le laboratoire, aussi loin que possible de l'objectif, éclairé par la lumière blanche venant d'une seule fenêtre. Dans cette fenêtre, on place une feuille de verre bleu dont la couleur correspond sensiblement à la longueur d'onde 4420, on élimine toute autre source de lumière arrivant sur l'objet et on refait la mise au point. Soit bw (*fig. 9*) la différence entre les deux observations, différence mesurée sur l'échelle des foyers; soit f la longueur focale principale, soit f' la longueur focale au moment de l'observation, on obtient cette longueur en mesurant la distance qui sépare le verre dépoli du point nodal, on multiplie la différence bw par le rapport $\frac{f}{f'}$. On répète la même observation avec les rayons rouges où domine la longueur d'onde 6250. Cette détermination suppose que la différence de longueur focale pour les différents rayons colorés dans le même

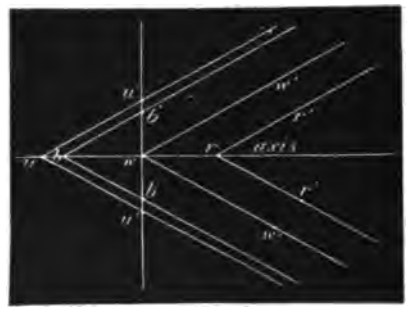


Fig. 9.

objectif est proportionnelle à la distance focale. Le défaut d'achromatisme entraîne la diffusion de l'image; le rayon du cercle de diffusion est représenté par $u'w$.

On suppose que $uw = \frac{5}{4}\,bw$. Soit $\alpha = bw$, soit δ' le diamètre du disque de diffusion, c'est-à-dire $\delta' = 2u'w$; soit f la longueur focale principale, et soit ε l'ouverture utile, on a (*fig. 7*) :

$$\frac{F'F}{N_1F} = \frac{eg}{EG};$$

d'où

$$\alpha = \frac{4}{5}\frac{f\delta'}{\varepsilon} = 8\delta\sqrt{\text{N° C. I. du diaphragme.}}$$

D'autre part, on a

$$\mu = 20\delta\sqrt{\text{N° C. I. du diaphragme.}}$$

Par suite, connaissant le n° C. I., on fixe δ', diamètre du disque de diffusion maximum qui sera toléré, on multiplie par $\frac{2}{5}$ la valeur de μ ainsi trouvée, et l'on a la différence de longueurs focales α que l'on peut tolérer en passant des rayons blancs aux rayons bleus. En effet, si $\delta' = \delta$, comme

$$\alpha = 8\delta' \sqrt{\text{N° C. I. du diaphragme}}$$

et $$\mu = 20\delta \sqrt{\text{N° C. I. du diaphragme,}}$$

$$\alpha = \frac{2}{5}\mu.$$

On examine l'objectif sous le rapport de l'*astigmatisme* à l'aide du procédé suivant : on place devant l'objectif le réservoir sphérique d'un thermomètre à mercure pour obtenir par la réflexion de la lumière d'une lampe un très petit point lumineux, on fait tourner l'objectif autour de l'axe horizontal du porte-objectif de telle sorte que l'axe de l'objectif fasse un angle Φ avec la direction des rayons venant de la boule du thermomètre, l'angle Φ est tel

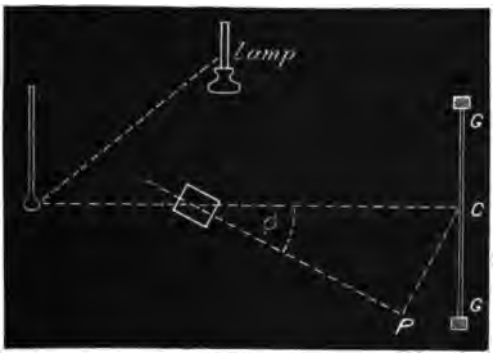


Fig. 10.

que le point lumineux coïncide avec l'une des extrémités de la diagonale de la plaque que l'objectif doit couvrir : CP (*fig. 10*) est la moitié de la diagonale de la plaque.

Un objectif entaché d'astigmatisme fournit une image visible d'abord sous la forme d'une petite ligne verticale, puis, en éloignant le verre dépoli, l'image se présente sous la forme d'une ligne horizontale. On note l'indication de l'échelle des foyers dans chacune de ces deux positions du verre dépoli : la différence γ entre ces deux indications donne la mesure de l'astigmatisme. De cette expérience, on peut déduire le diamètre σ du cercle de diffusion : soit ε l'ouverture, f la distance focale principale, f' la distance focale à laquelle l'observation a été faite. Il est bon, pour simplifier, que cette distance soit la même que dans le cas de la mesure de l'achromatisme. On aura :

$$\sigma = \frac{f}{f'^2}\,\frac{\varepsilon \cos\Phi}{2}\,\gamma = \left(\frac{f}{f'}\right)^2 \frac{\cos\Phi}{20\sqrt{\text{N° C. I. du diaphragme}}}\,\gamma.$$

En effet, soit AB l'ouverture utile (*fig. 11*), F_1, F_2 les positions des lignes focales, PH la position que la plaque photographique doit occuper. En F_2, l'image se présente sous la forme d'une petite ligne perpendiculaire au plan de la figure, et en F_1 elle est représentée par ab; à égale distance entre ces

deux points, le diamètre du cercle de diffusion est $a'b'$. Quand on met au point en utilisant l'objectif pour photographier un sujet quelconque, suppo-

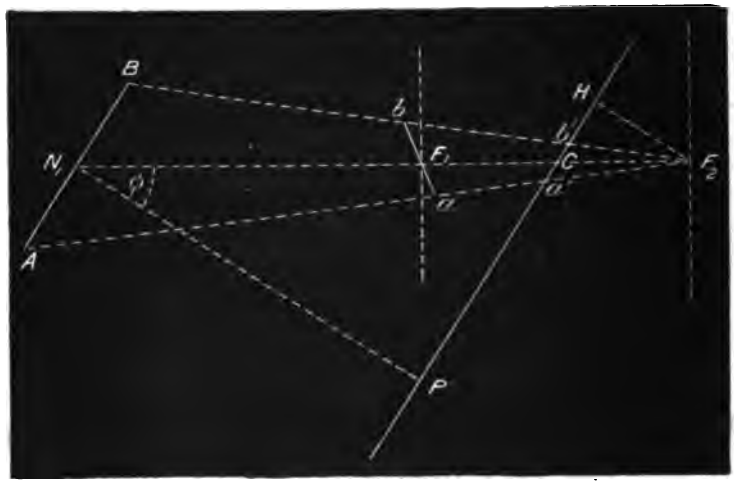


Fig. 11.

sons que le verre dépoli soit placé en PCH, C étant à égale distance de F_1 et de F_2 :

$$\frac{a'b'}{AB} = \frac{F_2C}{F_2N_1}, \qquad \frac{F_2C}{CN_1} = \frac{F_2H}{N_1P},$$

et, comme CN_1 diffère très peu de F_2N_1,

$$a'b' = AB\,\frac{F_2H}{N_1P} = F_1F_2\,\frac{\varepsilon}{2f'}\cos\Phi.$$

Pour obtenir la valeur de F_1F_2 dans le cas d'un objet éloigné, on multiplie par $\frac{f}{f'}$. On a donc

$$\sigma = \frac{f}{f'^2}\,\frac{\varepsilon\cos\Phi}{2}\,\gamma = \left(\frac{f}{f'}\right)^2 \frac{\cos\Phi}{20\sqrt{\text{N° C. I. du diaphragme}}}\,\gamma.$$

Mais, en réalité, le verre dépoli n'est point placé en PH, car on s'attache à faire la mise au point d'un objet qui vient faire son image à égale distance de P et de C. Soit KL (*fig. 12*) la position de la plaque ainsi mise au point, la distance qui sépare KL de PH est due à la courbure du champ ; soit $a'b'$ le diamètre du cercle de diffusion, le verre dépoli étant en PH. Par b', menons $b'g$, parallèle à F_2a' : le diamètre du cercle de diffusion dû à la courbure du champ est eg ; le plus grand diamètre de l'ellipse de diffusion due à l'effet combiné de la courbure du champ et de l'astigmatisme est

$$fe = a'b' + eg.$$

L'effet de l'astigmatisme vient s'ajouter à l'effet de la courbure du champ.

Cette détermination suppose l'existence de lignes focales très nettes. L'image du point lumineux doit apparaître sous la forme de deux lignes

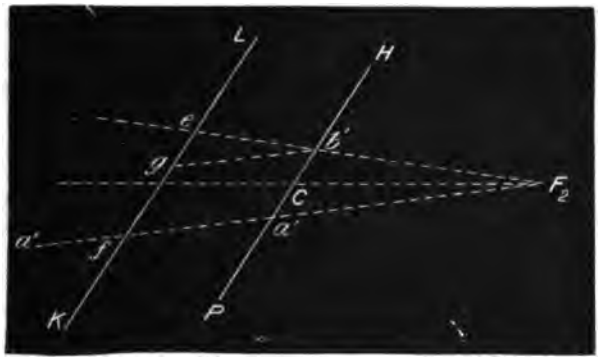


Fig. 12.

très fines, d'abord dans une direction, puis dans une autre. Dans ce cas seulement, la distance qui sépare les lignes focales indique le degré de diffusion.

L'*intensité d'illumination du champ* diminue plus ou moins rapidement en allant du centre vers les bords de la plaque ; on l'observe à l'aide d'un

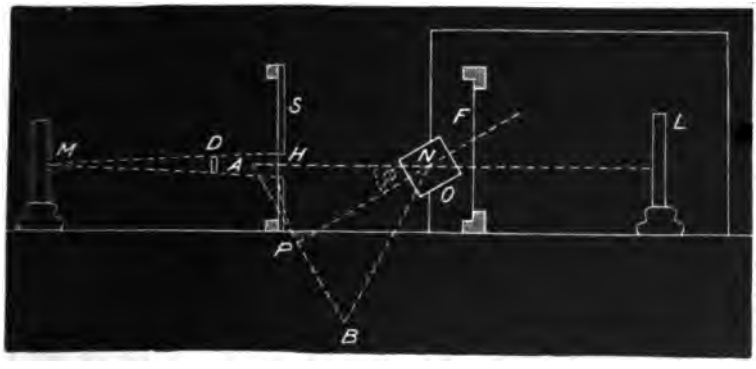


Fig. 13.

procédé indiqué par le capitaine Abney. L (*fig. 13*) est une lampe fixe pendant les observations, F est un écran en papier destiné à fournir une source de lumière aussi uniforme que possible, O est l'objectif fixé dans un cadre pouvant tourner autour d'un axe N passant par le point nodal d'émergence, S est un écran percé d'un trou en son centre H. Toute la surface de l'écran, y compris l'ouverture H, est recouverte d'un papier pelure

du côté opposé à celui de l'objectif. La distance entre H et N doit être égale à la distance focale principale de l'objectif. Au delà de l'écran S se trouve une lampe mobile M pouvant éclairer l'écran S sur la face recouverte de papier, sauf sur la portion qui correspond au petit trou de l'écran. A cet endroit, grâce à l'ombre portée par un disque D, le papier n'est éclairé que par la lumière transmise à travers l'objectif.

Pour étudier l'illumination du champ, on commence par placer l'objectif dans une position telle que son axe passe par le centre de l'ouverture H. On fait avancer ou reculer la lampe M jusqu'à ce que l'éclairement transmis en H à travers le papier soit autant que possible d'une intensité égale à celui produit par la lumière réfléchie sur le papier autour du point H ; on mesure SM. On fait alors tourner l'objectif autour de N, d'un angle Φ, cet angle étant la moitié de l'angle du champ à examiner. L'égalité de l'éclairement est rétablie par un déplacement de la lampe, et la distance SM est mesurée de nouveau. En admettant que l'écran F était également éclairé dans les deux cas, et prenant le rapport inverse des carrés des deux distances SM mesurées, on a le rapport de l'illumination en P et en H. Pour avoir le rapport de l'illumination en P et en A, on multiplie le rapport de l'illumination en P et en H, déterminé précédemment, par $\cos^3 \Phi$. On trouvera de la même façon le rapport de l'illumination du centre à celle d'un point quelconque du champ.

Cet essai doit être fait avec le plus grand diaphragme et avec celui qu'il est nécessaire d'employer pour obtenir une bonne netteté sur la plaque. L'écran doit être placé aussi près que possible de l'objectif et la lampe L placée aussi loin que possible de l'écran.

Plus l'angle du champ de l'objectif est grand, plus se fera sentir l'inconvénient qui résulte de la diminution d'intensité sur les bords. Si le diaphragme est placé à l'avant ou à l'arrière des lentilles, l'intensité d'illumination sur chacun des points de la plaque varie sensiblement comme $\cos^4 \Phi$. Quand le diaphragme est placé entre les lentilles, les limites de variation sont comprises entre $\cos^2 \Phi$ et $\cos^4 \Phi$. Les valeurs de $\cos^4 \Phi$ ont été données (p. 21) ; celles de $\cos^3 \Phi$ sont en fonction de Φ :

Φ	$\cos^3 \Phi$	Φ	$\cos^3 \Phi$
0.....	1	25.....	0,74
5.....	0,99	30.....	0,65
10.....	0,96	35.....	0,55
15.....	0,90	40.....	0,45
20.....	0,83	45.....	0,35

§ 2. — Autre procédé optique.

1310. Appareil de M. Krauss. — Cet appareil permet de vérifier en cours de travail les lentilles destinées aux objectifs et à essayer ceux-ci lorsqu'ils sont terminés.

Supposons qu'il s'agisse de vérifier un objectif : on l'adapte à un chariot (*fig. 14*) glissant sur deux rails de 2 mètres de long ; en face de l'objectif se trouve un oculaire D supporté par un équipage dont on voit les détails de

construction sur la figure 15. Les objectifs à essayer viennent se visser sur des bagues rigoureusement centrées sur le support K. Le réglage est fait de telle sorte que lorsqu'on fait tourner l'objectif autour de la bague qui le supporte, l'objectif tourne autour de son axe géométrique et par conséquent (s'il est bien centré) autour de son axe optique.

L'objectif et l'oculaire constituent une lunette destinée à viser une mire placée à 10 mètres de distance d'un fil à plomb.

La détermination de la distance focale s'effectue de la manière suivante : on a gravé sur une lame de verre deux traits fins, parallèles, et coupé ensuite cette lame perpendiculairement aux traits en deux morceaux, dont l'un est substitué au réticule de l'oculaire et l'autre monté sur un support spécial que l'on place sur les rails AA en avant de l'objectif ; on fait glisser ce support et la voie CC, portant l'oculaire, jusqu'à ce que l'image des traits

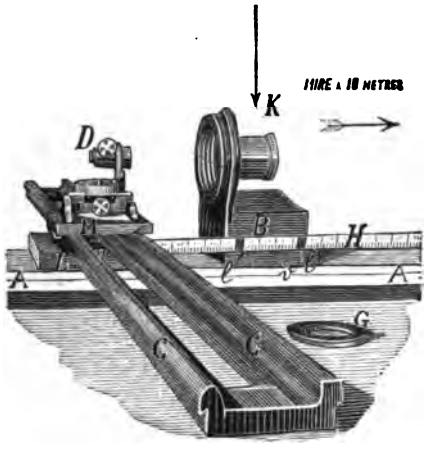


Fig. 14.

formant objet se fasse nettement et exactement sur les traits qui forment réticule; puis on remplace le support spécial par un collimateur (*fig. 16*) permettant de faire la mise au point sur l'infini. Le déplacement de l'oculaire entre les deux mises au point est égal à la distance focale.

L'essai du centrage s'effectue en faisant la mise au point sur la mire par déplacement de l'oculaire. On fait tourner sur elle-même la bague du support B : si l'image reste à peu près immobile, l'objectif est bien centré. Dans un objectif théorique, l'axe optique de l'objectif resterait immobile pendant cette opération, car il coïnciderait avec l'axe géométrique autour duquel tourne l'objectif. Ce sont là des conditions très difficiles à réaliser dans la pratique; grâce au grossissement de l'oculaire on perçoit les moindres défauts de centrage; au point de vue pratique, il suffit que ces défauts soient très faibles. L'objectif *rigoureusement centré* n'existe pas dans la pratique, ou du moins n'existe qu'à l'état d'exception *très instable*, si l'on peut s'exprimer ainsi, le centrage se modifiant par l'usage que l'on fait de l'objectif. Hâtons-nous d'ajouter que ces modifications n'ont pas une grande importance si la monture de l'objectif est suffisamment robuste.

L'essai de l'achromatisme se fait par l'examen de la mire. L'aberration chromatique s'aperçoit en observant les bords des parallélogrammes tracés sur cette mire: ceux-ci présentent des colorations qui varient avec la position de l'oculaire.

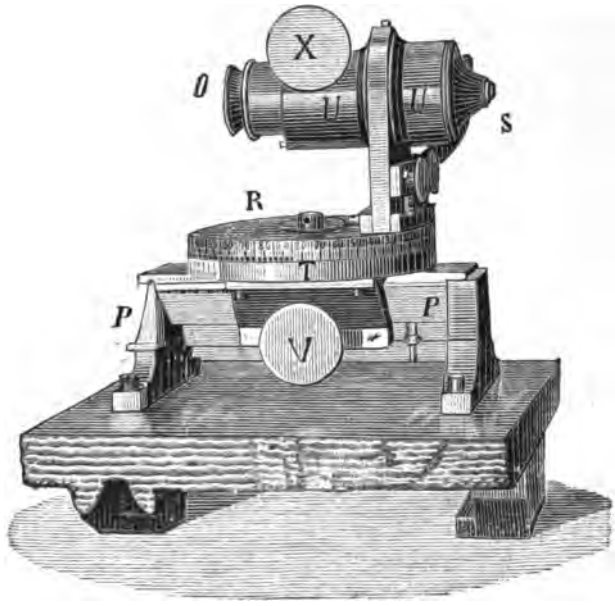


Fig. 15.

La détermination des points nodaux s'obtient par l'emploi d'un objectif de microscopie S. On met alors au point, d'abord sur la mire, le plan focal antérieur du microscope formé par S et l'oculaire O se trouve ainsi coïn-

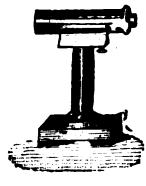


Fig. 16.

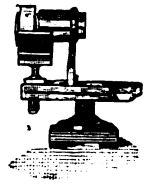


Fig. 17.

cider avec le plan conjugué de la mire par rapport à l'objectif; la distance p' de ce plan au point nodal d'émergence est donnée en fonction du grossissement par

$$p = fe\,\frac{h+1}{h} = 10e^2\,\frac{(h+i)}{h(h+e)},$$

e étant l'écartement des deux fils du réticule et h la longueur interceptée par eux sur la mire. On met ensuite le microscope au point sur la surface

postérieure de l'objectif, au sommet de laquelle on a disposé un peu d'encre ou de vernis; le plan focal du microscope est alors au contact de cette face, et le déplacement de l'oculaire entre ces deux mises au point (déplacement produit au moyen de la vis V et lu sur la division que porte le chariot P) mesure la distance q du plan où se forme l'image de la mire à la face de sortie de l'objectif. La différence $p' - q$ est la distance du point nodal d'émergence à cette face de sortie. La même opération répétée après retournement de l'objectif donnera la même distance du point nodal d'incidence à la face d'entrée.

Les déterminations du volume focal, des volumes d'astigmatisme s'effectuent aisément à l'aide de cet appareil. On peut aussi étudier la trempe des verres. Il suffit d'adapter à l'appareil, de part et d'autre de l'objectif et à des distances égales au double de la distance focale, deux prismes de Nicol servant l'un de polariseur, l'autre d'analyseur.

Enfin, si l'appareil est employé pour étudier les lentilles simples qui entrent dans la constitution d'un objectif, on opère comme s'il s'agissait d'un objectif complet. Si elles sont divergentes et par conséquent ne peuvent donner d'images réelles, on les adapte dans un support spécial (*fig. 17*) où elles sont appliquées contre la face plane d'un système plan convexe, de foyer connu et assez court pour que l'ensemble de ce système et de la lentille soit convergent.

§ 3. — Essai photographique d'un objectif.

1811. Procédé de la mire oblique. — Parmi les procédés qui utilisent l'emploi des glaces photographiques pour l'essai des

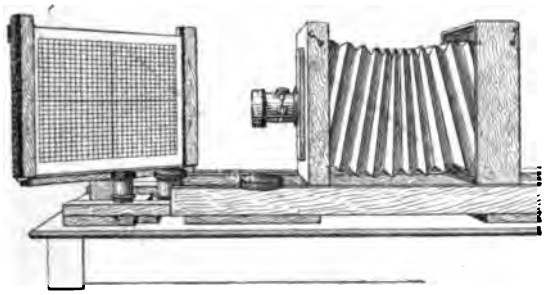


Fig. 18.

objectifs, l'un des plus simples est celui de la mire oblique[1], de MM. Baille et Ch. Fery (A, **1106**). Il consiste à photographier une mire inclinée de 45° sur l'axe de l'objectif. Cette mire (*fig. 18*) porte une série de quadrillages rectangulaires dont le grand côté mesure

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, 8 novembre 1896, *annexes*.

$1^{cm}41$ et le côté vertical 1 centimètre; chaque rectangle est divisé en 10 parties égales, par des lignes plus fines, dans sa plus grande longueur. Toutes les lignes de mire sont formées de deux traits fins et parallèles, dont l'épaisseur est environ de 1/10 millimètre, et distants l'un de l'autre de la même quantité, ce qui permet d'apprécier la finesse : on peut d'ailleurs apprécier cette finesse à l'aide de voyants de netteté que l'on place sur la mire.

Pour faire un essai d'objectif, on reproduit grandeur naturelle les dimensions de la ligne verticale au centre du verre dépoli : la chambre noire se met sur un banc divisé, dont le 0 part du centre de la mire. Le négatif obtenu permet de juger de la valeur de l'objectif et de déterminer ses principales constantes.

La *distance focale principale* s'obtient en divisant par 4 le nombre de millimètres qui mesure la distance de la mire à la plaque sensible. On commet une erreur égale au quart de la distance des points nodaux, quantité le plus souvent négligeable; en désignant par δ la distance du centre de la mire au verre dépoli, f la distance focale principale $f = \frac{\delta}{4}$.

L'existence du *foyer chimique* est immédiatement indiquée par le manque de netteté de la ligne verticale, cette ligne s'étant reportée en

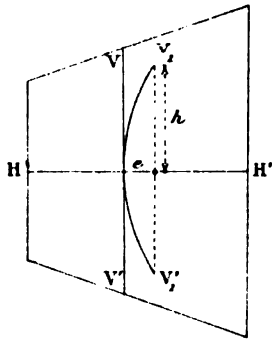


Fig. 19.

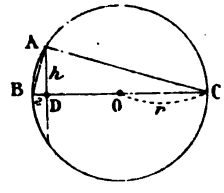


Fig. 20.

avant ou en arrière. En désignant par d la distance de la ligne centrale au point de maximum de netteté de la ligne horizontale, le foyer chimique φ sera, pour les rayons parallèles, $\frac{d}{4}$.

En réunissant par un trait continu les points du négatif qui présen-

tent le maximum de netteté, on aura une section de la surface focale par un plan incliné à 45°. Menons la droite V_1V', parallèle à la ligne centrale VV' (*fig. 19*), soit e la distance de cette ligne à la ligne centrale : on peut assimiler la courbe $V_1eV'_1$ à un cercle de demi-corde $AD = h$ (*fig. 20*) et de flèche $BD = e$; on a sensiblement pour le rayon de ce cercle

$$r = \frac{h^2}{2e}.$$

Si nous admettons que la surface focale est sphérique, nous pouvons déterminer le rayon x de cette sphère; coupons le plan de la mire

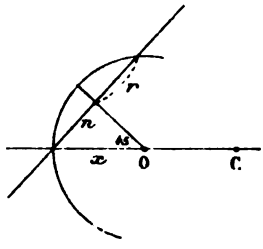


Fig. 21.

par un plan horizontal passant par l'axe de l'objectif, ce rayon x sera (*fig. 21*) :

$$x = \frac{r}{\sin 45^\circ} = r\sqrt{2},$$

ou bien

$$x = \frac{h^2\sqrt{2}}{2e} = 0{,}71\,\frac{h^2}{e}.$$

On peut de cette valeur passer au rayon de courbure pour des rayons parallèles. Soit $f_o = CF_o$ (*fig. 22*) et $f_1 = CF_1$ les foyers centraux et marginaux de l'objectif pour les rayons parallèles, la distance AA' est très sensiblement égale à $4f$; on aura :

$$\frac{R\ \infty}{R_2 f} = \frac{f_o - 2e}{f_o - 4e}.$$

Ce rapport est donc sensiblement égal à l'unité, car e est très petit par rapport à f_o : la mire donne donc immédiatement le rayon de courbure de la surface focale. Si l'on considère l'inverse du rayon de courbure on aura la courbure C,

$$\frac{1}{x} = C = \frac{c\sqrt{2}}{h^2}.$$

En désignant par l_r et l_e les flèches relatives aux cercles de netteté

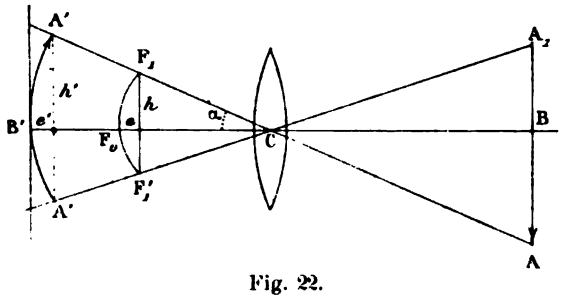


Fig. 22.

des lignes radiales (ou verticales) et équifocales (ou horizontales) de la mire, on aura pour la courbure des lignes radiales

$$C_r = \frac{l_r\sqrt{2}}{h_r^2}$$

et pour la courbure des lignes équifocales :

$$C_e = \frac{l_e\sqrt{2}}{h_r^2}.$$

Soit D le diamètre du diaphragme employé, p le tirage de la chambre noire pour des distances quelconques de l'image et de l'objet, la profondeur de foyer est :

$$\varepsilon = \frac{0^{mm}4 \times p}{D}.$$

Sur le négatif obtenu, $p = 2f$,

$$\varepsilon_{2f} = \frac{0^{mm}4 \times 2f}{D}.$$

Pour un point à l'infini p devient égal au foyer principal

$$\varepsilon\,\infty = \frac{0^{mm}4 \times f}{D},$$

d'où

$$\frac{\varepsilon_2 f}{\varepsilon\,\infty} = 2.$$

En divisant par 2 la profondeur lue sur le négatif, on obtiendra celle qui correspond aux rayons parallèles. La profondeur de foyer mesurée sur quelques-unes des lignes horizontales du négatif permet de construire le volume focal de l'objectif.

L'*astigmatisme* d'un objectif peut être mesuré par la différence des courbures focales des lignes verticales et horizontales; on aura donc :

$$A = C_r - C_e,$$

ou bien

$$A = \frac{c_r\sqrt{2}}{h_R^2} - \frac{c_h\sqrt{2}}{h_h^2} = \sqrt{2}\left(\frac{c_r}{h_r^2} - \frac{e_h}{h_h^2}\right),$$

e_r et e_h doivent être affectés de leurs signes : la flèche e est positive quand elle appartient à la sphère dont le centre est situé entre la mire et l'objectif; on a donc :

$$A = \sqrt{2}\left(\frac{c_r}{h_r^2} \pm \frac{e_h}{h_h^2}\right).$$

La *distorsion* est positive si les divisions marginales du négatif sont plus petites que celles du centre; elle est positive dans le cas contraire. Sa valeur Δ sera, en désignant par L la distance de deux points de la ligne verticale, L_d cette distance déformée sur le négatif :

$$\Delta = \frac{L - L_d}{L}.$$

L'examen du négatif permet de constater si la netteté de 1/10 de millimètre est obtenue et de déterminer la profondeur du foyer pour cette dimension de traits. En réduisant la dimension des carrés à la moitié, au quart, on constatera la limite de netteté.

Le défaut de *centrage* des verres se reconnaît à l'examen de la ligne verticale du centre de la mire : elle ne présente pas, au-dessus et au-dessous du centre, la même netteté à la même distance du centre. Si ce défaut n'est pas apparent, on s'assurera que cette symétrie subsiste en dévissant l'objectif d'un quart de tour.

La *surface nettement couverte* est la plus grande surface plane inscriptible dans le volume focal. Quand les centres des surfaces focales sont du même côté, il n'y a à tenir compte que du plus petit rayon de courbure des deux sortes de lignes, radiales et équifocales (*fig. 23 et 24*). On peut admettre que la profondeur de foyer est constante pour les diverses incidences; dans ce cas, la surface nettement

couverte est inscrite entre deux sphères de rayon $R + \frac{\varepsilon}{2}$ et $R - \frac{\varepsilon}{2}$.

Le rayon de cette surface a pour valeur, ε étant l'épaisseur au centre,

$$\rho^2 = 2\varepsilon R,$$

et en désignant par C la plus grande des deux courbures,

$$\rho^2 = \frac{2\varepsilon}{C}.$$

Si l'un des rayons de courbure est négatif, la surface couverte sera

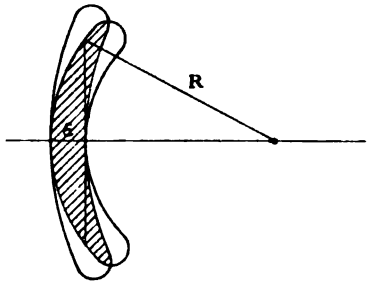


Fig. 23.

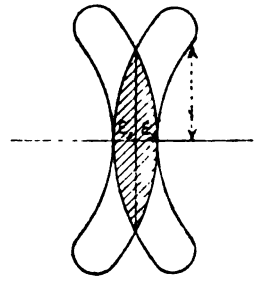


Fig. 24.

moins grande. Soient R et R′ les rayons de courbure des champs de netteté maximum, ε_1 et ε_2 les flèches relatives aux deux sphères R et R′ :

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \varepsilon.$$

On aura, en négligeant $\frac{\varepsilon}{2}$, très petit par rapport à R et R′,

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \varepsilon = \frac{\rho^2}{2}\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'}\right),$$

ou bien

$$\rho^2 = \frac{2\varepsilon}{C + C'} = \frac{2\varepsilon}{A},$$

pour $C' = 0$,

$$\rho^2 = \frac{2\varepsilon}{A}.$$

Dans le cas du diaphragme normal,

$$\rho = \sqrt{\frac{8}{A}}.$$

Si l'on fait $C' = 0$

$$\rho^2 = \frac{2\varepsilon}{C}.$$

La surface est la même que celle couverte par un objectif sans astigmatisme de courbure C.

La surface du champ rond nettement couvert s'obtiendra en multipliant $\pi = 3{,}1416$ par ρ^2 (I, **185**). En désignant par S cette surface,

$$S = \pi\rho 2.$$

L'angle α embrassé par l'objectif pour un diaphragme donné sera :

$$\text{tang}\,\frac{\alpha}{2} = \frac{\rho}{f}.$$

Les études de la courbure du champ, celle de la surface des lignes équifocales ECE' (*fig. 25*) et celle de la surface nettement couverte permettent, dans certains cas, de déterminer le *coefficient de cherté*

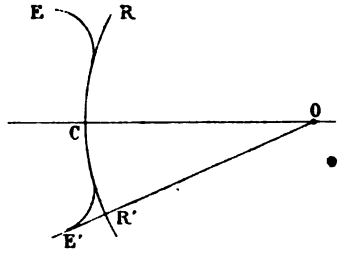


Fig. 25.

d'un objectif. On obtient ce coefficient p en cherchant le coût d'un centimètre carré de la surface ronde S nettement couverte, surface exprimée en centimètres, pour un objectif de prix P. L'unité employée dans les mesures précédentes étant le millimètre, ce coefficient de cherté sera :

$$p = \frac{100 \times P}{S}.$$

Dans la comparaison des objectifs, sous le rapport de la cherté, il y a lieu de munir les objectifs des mêmes ouvertures, d'examiner s'ils donnent la même netteté, s'ils sont exempts de distorsion, etc. En général, on prendra le diaphragme $f/10$ pour les objectifs à étu-

dier. Si cela n'est pas possible (objectifs simples grands angulaires), on ramène par le calcul les résultats à ce qu'ils seraient pour *f*/10. Avec les objectifs fortement diaphragmés, les mesures sont plus délicates par suite de la difficulté de mise au point.

Il est bon de ramener tous les résultats à ce qu'ils seraient pour un foyer égal à l'unité : dans ce but, on divise le nombre qui exprime le foyer chimique par celui qui exprime le foyer principal; la courbure du champ et l'astigmatisme seront multipliés par ce même foyer.

1312. Emploi de la mire simple. — L'installation de la mire oblique ne nécessite pas un outillage très compliqué. On peut avoir plus simplement encore des données assez précises sur la valeur comparative de divers objectifs en employant, comme le fait M. Noaillon[1], une mire constituée par un grand tableau quadrillé sur lequel sont disséminés de petits damiers qui, sur le négatif, donnent des points microscopiques. L'examen de ces points et du grand quadrillé fournit des notions suffisantes pour comparer l'aplanétisme, l'astigmatisme, la distorsion, la courbure du champ, etc.

1313. Méthode de M. W. Zschokke. — Pour étudier un objectif, M. Zschokke recherche l'intersection des surfaces focales avec le plan vertical qui passe par l'axe optique, et pour le cas où l'objet est situé à l'infini. Ces courbes ne peuvent être trouvées directement, car si l'on place la surface photographique dans la direction de l'axe optique on n'obtient pas d'image; mais en donnant à la plaque sensible une position *oblique* par rapport à l'axe optique, on peut, par calcul ou par construction, déduire des *courbes de l'intersection oblique*, celles que donnerait le plan de l'axe, ou en d'autres termes les projeter sur le plan de l'axe. On obtient assez rapidement ces résultats lorsque la plaque tournant sur son axe vertical s'éloigne de 15° de sa position normale, faisant ainsi un angle de 75° avec l'axe optique. Un tel dispositif (*fig. 26*) peut-être réalisé avec une chambre noire dite *à bascule* autour d'un axe vertical; on mesure très exactement l'angle de 15°, dont doit tourner le verre dépoli.

La mire est constituée par un plan vertical de papier blanc de 1m40 sur 0m60, uniformément éclairé, portant un système de lignes numérotées horizontales et verticales, dessiné sur du papier millimètre que l'on trouve dans le commerce : on reproduit ce système de lignes sur la plaque en le réduisant au dixième. La forme des courbes étant trouvée pour une certaine distance de l'objet à l'appareil, on détermine par le calcul quelle valeur elles prendront dans le cas où l'image sera située au foyer principal.

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1896, p. 310.

Le point de l'objet sur lequel on dirige l'axe optique de l'appareil est situé près du bord inférieur de la mire, et l'on reproduit cette mire sur une plaque de 9 × 18 centimètres, car dans une fabrication soignée il est suffisant de ne prendre qu'une zone radiale de l'image : cette plaque est disposée en hauteur dans un intermédiaire à ouverture excentrique placée dans un grand châssis. La mise au point doit se faire avec la glace dépolie placée dans cet intermédiaire : on cherche la plus grande netteté de l'image sur l'axe, mais en ayant soin que la glace dépolie traverse l'axe optique à l'endroit où l'image d'un point est la plus petite; l'axe optique est disposé perpendiculairement à l'objet, sur le point zéro du système des coordonnées x et y.

Le négatif étant obtenu, on recherche avec la loupe les points successifs de plus grande netteté partielle, dont on détermine la position, ainsi que

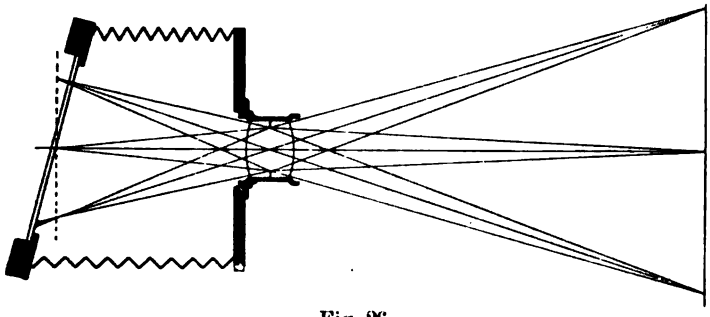


Fig. 26.

celle du milieu de la zone de netteté. La réduction au dixième n'existe que pour la coordonnée y, axe vertical qui, commun au plan de l'image idéale et au plan de l'axe optique, est resté dans les conditions normales. Toutes les mesures prises sur le négatif le long de l'axe des y, les ordonnées des points ne sont pas à réduire. Pour déterminer les abscisses il faut les multiplier par sin 15°. On reconnaît facilement sur le négatif le côté qui était le plus près de l'objectif; le cône des rayons étant traversé plus près de son sommet, le dessin se rétrécit vers le bord de ce côté et il s'élargit vers le bord qui en était le plus éloigné.

La détermination de la longueur focale et celle du foyer chimique s'effectuent facilement. Soit d la distance entre l'objet et le centre du verre dépoli, soit n la réduction; on obtient la longueur focale f et le tirage de la chambre f_n par les formules

$$f = \frac{dn}{(n+1)^2},$$

$$f_n = \frac{d}{n+1}.$$

Si l'objectif possède un foyer chimique, on trouve dans le négatif la plus grande netteté en dehors du centre. On mesure la distance du centre au point le plus net; c tte distance x est multipliée par sin 15°. Ce produit

indique la différence des tirages optique et chimique réduite sur le plan de l'axe. Les longueurs focales principales optique f_o et chimique f_{ch}, sont données par la formule

$$f_o - f_{ch} = \mp \frac{\sin 15^o (d - fn)^2}{d^2 \pm dx \sin 15^o},$$

ou plus simplement

$$f_o - f_{ch} = \mp \frac{\sin 15^o (d - fn)^2}{d^2},$$

car $dx \sin 15^o$ est très petit par rapport à d^2 et peut donc être négligé.

La *profondeur d'image* est la longueur p_n dans laquelle la mise au point peut varier sans nuire à la netteté. Lorsque le diamètre du cercle de diffusion atteint 0mm1, si l'on admet la netteté de 0mm1, la profondeur pour cette netteté sera :

$$p_n = \frac{0{,}1 \times f_n}{h},$$

h désignant le rayon de l'ouverture de l'objectif. On détermine pratiquement cette profondeur à l'aide de lignes horizontales de 0mm5 d'épaisseur et du même écartement, tracées le long de l'axe des x. Par la réduction au

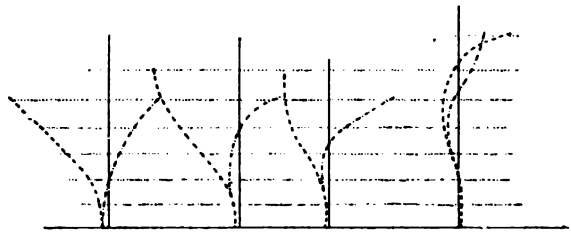


Fig. 27.

dixième, la largeur des lignes et leur écartement dans le négatif sont de 0mm05. Tant que ces lignes restent isolément distinctes, tant qu'elles sont *résolues*, la netteté est supérieure à 0mm05; la netteté atteint cette valeur là où les lignes se confondent. On mesure ainsi l'étendue x de la netteté de l'un et de l'autre côté du centre et l'on trouve la profondeur d'image par la formule

$$p_n = x \sin 15^o.$$

Dans le cas d'un objet situé à l'infini, en désignant par p la profondeur du foyer,

$$\frac{p}{p_n} = \frac{f}{f_n},$$

et par suite

$$p = x \frac{f}{f_n} \sin 15^o.$$

Pour déterminer la valeur de l'astigmatisme on mesure, à différentes hau-

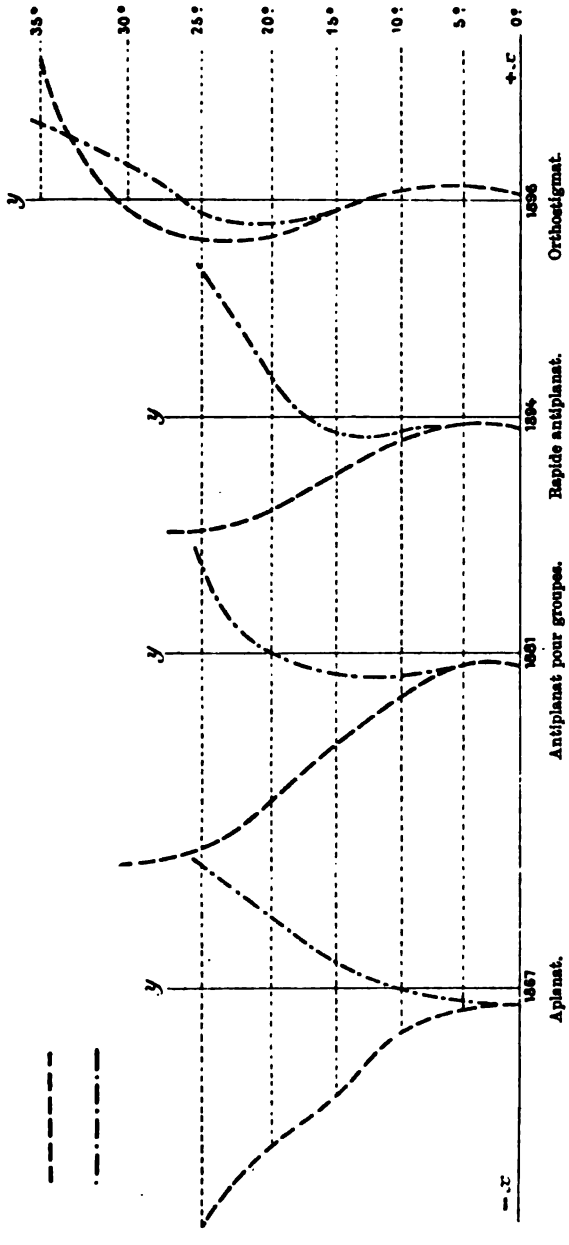

35°
30°
25°
20°
15°
10°
5°
0°
+x
y
1856
Orthostigmat.
1854
Rapide antiplanat.
1861
Antiplanat pour groupes.
1857
Aplanat.
-x

Fig. 28

teurs sur l'axe des y, les distances entre cet axe et les points de plus grande netteté des lignes horizontales et verticales. Ces mesures sont multipliées par sin 15° et par un calcul analogue à celui qui permet de calculer le foyer chimique on réduit les valeurs trouvées pour le cas où l'objet est situé à l'infini.

Pour rendre plus nette la comparaison des divers objectifs au point de vue de l'astigmatisme, il est bon de construire pratiquement les courbes astigmatiques. On prend comme axe des x l'axe optique, en plaçant l'objectif du côté ox'; les hauteurs indiquant les demi-angles d'images sont dessinées en grandeur naturelle sur les ordonnées. On obtient avec divers objectifs une série de courbes analogues à celles de la figure 27, dans laquelle les traits discontinus — — — indiquent la netteté des lignes radiales (verticales) et les traits mixtes —.—.— celle des lignes tangentielles ou équifocales (horizontales). On trace leur divergence d'avec la position idéale à une échelle dix fois plus grande que ce qui existe réellement, de façon à rendre plus évidentes ces divergences. Ces courbes (*fig. 28*) montrent l'astigmatisme dans un aplanat (1867), dans un antiplanat (modèle 1881), dans un rapide-antiplanat et, enfin, dans un orthostigmat de Steinheil : le rendement de ce dernier est mesuré jusqu'à un angle voisin de 70°.

De l'examen du négatif on peut conclure la correction plus ou moins parfaite de l'aberration de sphéricité. Dans un objectif mal corrigé cette aberration se manifeste par des zones alternatives de netteté et de confusion le long de l'axe optique, près du foyer.

1314. Méthodes du laboratoire d'essai de la Société française de photographie. — Les deux méthodes d'essai adoptées dans ce laboratoire sont la méthode optique de M. le colonel Moessard (I, **154**), et la méthode photographique de M. le capitaine Houdaille. Cette dernière méthode consiste à faire enregistrer par l'objectif ses défauts et ses qualités, enregistrement qui s'effectue à l'aide de la plaque sensible : celle-ci photographie dans des conditions spéciales diverses, mires ou voyants de netteté.

L'appareil de M. le capitaine Houdaille [1] se compose de trois pièces : 1° une chambre noire, 18 × 24 ; 2° un banc d'épreuve ; 3° un chariot mobile portant les mires.

La chambre noire (*fig. 29*), qu'il y a intérêt à prendre très robuste, très stable, est à arrière fixe, sans bascule, à porte-objectif mobile, sans déplacement latéral ou vertical de l'objectif. Une règle graduée coulisse sur l'avant et l'arrière et peut se fixer au moyen de deux vis de pression : elle permet de rendre invariable la distance de l'avant à l'arrière et le parallélisme de ces deux plans, quand on a effectué la

1. *Sur une méthode d'essai des objectifs photographiques et des instruments d'optique.* Paris, Gauthier Villars.

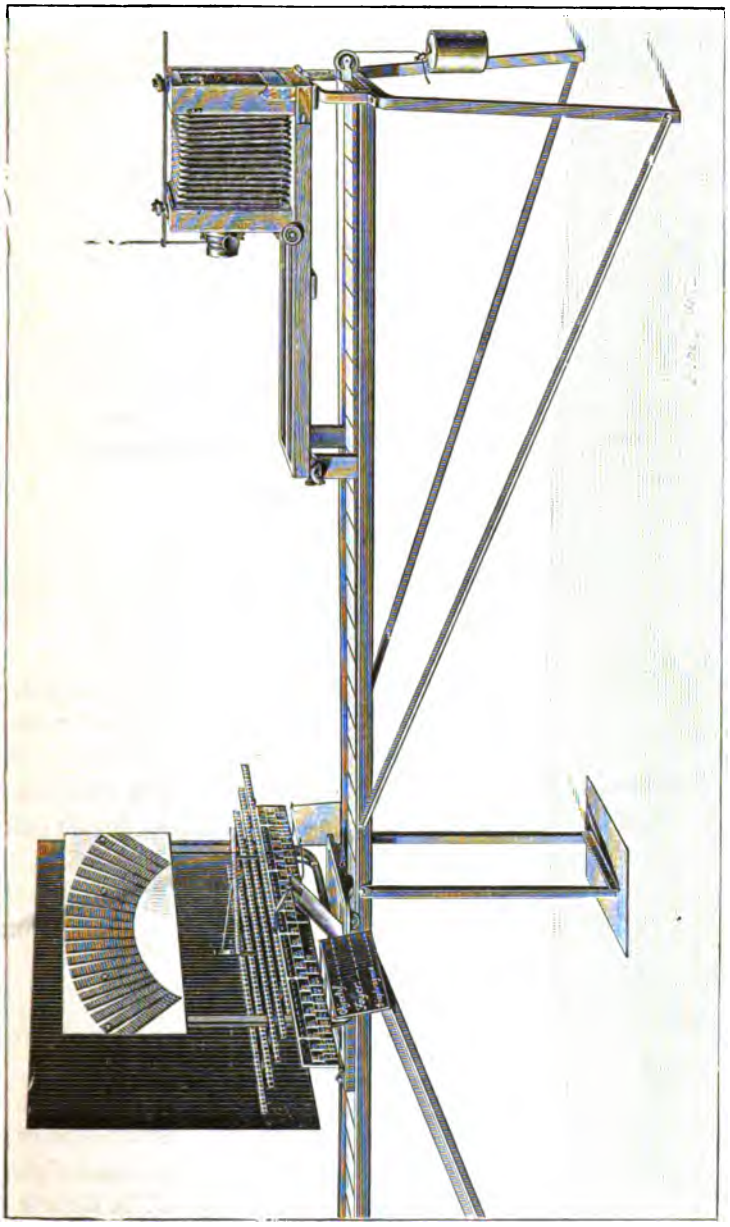


Fig. 29.

mise au point et serré les vis de pression; elle porte un index qui se déplace verticalement et qui permet d'inscrire sur la monture la position des points nodaux d'incidence et d'émergence.

Le banc d'épreuve est composé de deux fers à T formant rails, sur lesquels roule un chariot portant les mires. A une des extrémités du banc est fixé d'une façon invariable l'arrière de la chambre noire; dans le plan du chariot se trouve une mire avec graduation spéciale pour la lecture des distances focales; le 0 de cette graduation coïncide exactement avec le plan de la glace sensible. Ce chariot a une longueur de 3^m50 pour l'essai d'objectifs de 0^m60 et au-dessous; avec un banc de 5 mètres de long, comme celui que nous utilisons, on peut essayer des objectifs de longueur focale d'environ 0^m70, mais dans ce cas les supports du banc sont très solidement établis.

Le chariot mobile, qui peut se déplacer en avant et en arrière sur le banc d'épreuve au moyen d'un contrepoids, porte un panneau en fer sur lequel sont fixés : 1° un miroir incliné à 45° permettant à l'objectif d'enregistrer les graduations de la mire du banc d'épreuve et par suite la distance focale principale; 2° au-dessus une mire composée de trois échelles : l'échelle supérieure porte six index espacés de 0^m10, 0^m50, 1 mètre. Dans la mise au point on cherche à obtenir la réduction du cinquième : la distance des index sur la glace dépolie devra être de 20 millimètres, 100 millimètres, 200 millimètres. La glace dépolie porte deux traits espacés de 100 millimètres : quand l'image des deux index est en coïncidence avec les deux traits de la glace dépolie, la réduction est exactement de 1/5 et la division lue sur le miroir donnera, à 1 millimètre près, la distance focale principale; les autres index servent à mesurer la distorsion. La deuxième échelle graduée de 0 à 120, à droite et à gauche du centre, sert à mesurer les diamètres couverts en millimètres : chacune des grandes divisions occupe en effet 10 millimètres sur la glace dépolie. La troisième échelle porte des divisions inégales qui correspondent aux carrés des divisions de l'échelle supérieure; elle sert à mesurer les surfaces couvertes.

Cinq grandes règles parallèles, espacées de $62^{mm}5$, portent des voyants de netteté et viennent former leur image à $2^{mm}5$ les unes des autres; elles sont marquées 0, 2,5, 5, 7,5, 10 : la troisième règle est placée dans le plan du panneau. C'est en comparant la netteté des différentes règles qu'on peut en déduire le diamètre couvert avec la netteté de $0^{mm}1$ ainsi que la surface couverte, l'astigmatisme, le

volume focal et le défaut de centrage des combinaisons de lentilles.

Sur ces règles se trouvent deux réglettes de $0^{m}25$ de longueur formant les deux côtés d'un triangle équilatéral, également munies de voyants de netteté et graduées de 0 à 10; le 0 est à la hauteur de la grande règle marquée 0; les divisions 5 et 10 correspondent aux deux

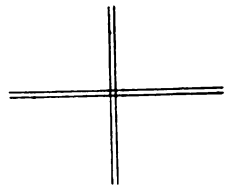


Fig. 30.

grandes règles 5 et 10; elles servent à calculer la profondeur, la finesse au centre, l'écart du foyer chimique, et à faire des corrections à la distance focale lue sur le miroir.

Le panneau peut être couvert soit de quadrillés, soit de voyants de netteté permettant de constater si l'image présente bien la netteté à la même distance du centre optique.

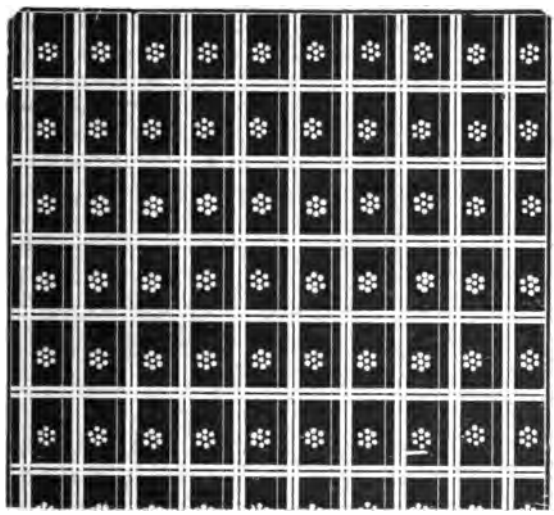


Fig. 31.

M. Houdaille définit la netteté de la façon suivante : deux traits blancs sur fond noir, parallèles et ayant $0^{mm}5$ d'épaisseur et d'écartement entre eux, sont réduits au 1/5 de façon à former une image de deux traits devant

avoir théoriquement 1/20 de millimètre d'épaisseur. Tant que l'image d'un des traits pourra être distinguée de l'autre, la netteté sera dite supérieure au 1/10 de millimètre; lorsque les deux traits formeront une tache grise

Fig. 32.

uniforme, la netteté sera inférieure au 1/10. A la limite de séparation la netteté sera égale au 1/10 de millimètre.

Cette définition n'est pas suffisante, en raison de l'astigmatisme qui épaissit systématiquement les traits dans un sens déterminé, comme on peut le reconnaître en essayant de photographier à toute ouverture sur les bords de la plaque l'image d'une croix tracée sur une carte de visite au moyen de deux traits fins parallèles (*fig. 30*).

L'influence de l'astigmatisme peut-être éliminée en constituant le voyant de netteté de la façon suivante : six points de 0mm5 de diamètre sont disposés en hexagone autour d'un point central (*fig. 31*); la distance qui sépare chacun des sept points est également de 0mm5. En réduisant ce voyant au 1/5, l'image théorique est formée de sept points de 0mm1 de diamètre (*fig. 32*), séparés par un intervalle égal à leur diamètre. Tant qu'on peut distinguer les sept points les uns des autres, la netteté est dite supérieure au dixième de millimètre; elle devient égale au dixième lorsque les sept points noirs forment une teinte grise ou se recoupent.

La netteté absolue sera dite du 1/5, du 1/10, du 1/20 de millimètre, lors-

Fig. 33.

qu'on pourra distinguer sur le négatif un groupe de sept points ayant 1/5, 1/10, 1/20 de millimètre disposés en hexagone autour d'un point central et séparés par un intervalle égal à leur diamètre. Il existe une certaine corrélation entre la netteté ainsi définie et celle résultant de la considération des cercles de diffusion.

Pour que l'image des sept points donne la sensation d'une tache grise, il faut que les auréoles qui entourent chacun des points se recoupent d'une certaine quantité (*fig. 33*).

Pour la netteté du 1/10 de millimètre, cette auréole doit avoir 1/10 de millimètre d'épaisseur, et par suite le rayon du cercle de diffusion aura également 1/10 de millimètre. La netteté du 1/10 de millimètre correspond donc à un cercle de diffusion de *rayon* égal à $0^{mm}1$ et de diamètre égal à $0^{mm}2$.

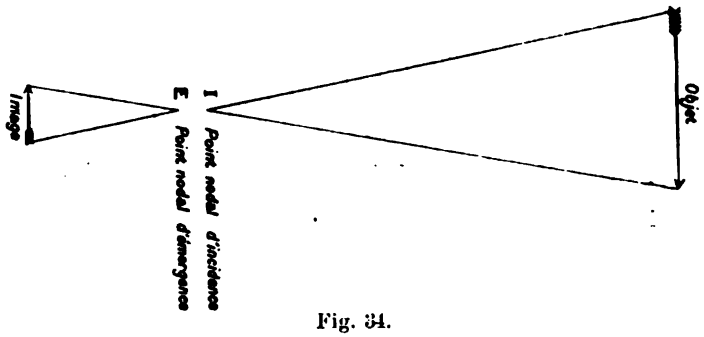


Fig. 34.

Mesure de la distance focale. — La distance focale principale, avec un diaphragme déterminé, est la longueur mesurée dans le prolongement de l'axe optique à partir du point nodal d'émergence jusqu'à la position de l'image d'un point situé à l'infini qui offre le maximum de netteté (*fig. 34*).

Il existe une relation entre cette distance, la longueur qui sépare la glace dépolie de l'objet, la distance des points nodaux, et le rapport de réduction

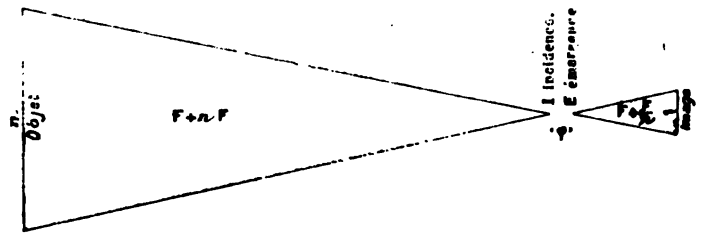


Fig. 35.

de l'image à l'objet. Soit L la longueur entre la glace dépolie et l'objet, F la distance focale principale, φ la distance des points nodaux, n le rapport de réduction de l'image à l'objet, on a (*fig. 35*) :

$$L = F + nF \pm \varphi + F + \frac{F}{n},$$

d'où

$$F = \frac{L \pm \varphi}{2 + n + \frac{1}{n}}.$$

Pour diminuer les erreurs de mesure commises sur L et φ, on fait $n = 5$; le coefficient qui divise L est 7,2. Connaissant L, φ et n, on aura F. Dans ce but, on met au point les deux index espacés de $0^{m}50$ jusqu'à ce que les

deux index coïncident avec deux traits espacés de 0m10 sur la glace dépolie.

La distance qui sépare la glace dépolie de la mire (*fig. 36*) est exactement $F \times 7{,}2 \pm \varphi$; d'où

$$F = \frac{L}{7{,}2} \mp \frac{\varphi}{7{,}2}.$$

En négligeant $\frac{\varphi}{7{,}2}$, qui est inférieur à 1/3 ou 1/4 de millimètre, on peut lire directement la valeur de F en ayant soin de graduer la mire placée sur le banc d'épreuve de 72mm en 72mm. Chaque longueur de 72mm correspond à

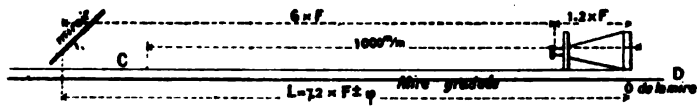


Fig. 36.

10mm de variation dans la distance focale principale. En faisant la lecture au moyen d'un miroir à 45° porté par le chariot, on a la distance focale principale physique à 1mm près.

Cette distance focale n'est pas absolument exacte; il y a lieu de faire les corrections résultant de la distance des points nodaux, de la variation du rapport n, de l'existence du foyer chimique.

La position des points nodaux varie très peu avec la couleur des rayons lumineux qui traversent l'objectif; on peut donc opérer avec la distance focale physique lue sur le miroir. Pour obtenir le point nodal d'émergence, on porte à partir de la glace dépolie la longueur $F + \frac{F}{5}$, valeur du foyer secondaire. On se sert, dans ce but, d'une règle dont les divisions ont 1mm2 et correspondent, par suite, à 1mm de distance focale. A hauteur du zéro de la règle se trouve un index qui peut coulisser verticalement; son extrémité porte un timbre en caoutchouc qui marque le point nodal sur la monture quand on a amené la division correspondant à celle lue sur le miroir à hauteur du plan de la glace dépolie. Le point marqué coïncide avec le point nodal d'émergence à $\frac{\varphi \times 1.2}{7{,}2}$ ou $\frac{\varphi}{6}$ près. En retournant l'objectif bout pour bout, refaisant la mise au point, on marque de même le point nodal d'incidence à $\frac{\varphi}{6}$ près. La distance des deux points φ' est égale à $\frac{2}{3}\varphi$. Si la distance des deux points est inférieure à 3mm, on considérera le premier pointage comme définitif, sinon il conviendra de déplacer la position des deux points nodaux sur la monture de $\frac{1}{4}\varphi'$ et de corriger la distance focale principale de la valeur $\frac{\varphi}{7{,}2}$. La distance exacte des points est, en effet, $\frac{2}{3}\varphi'$, comme le montre la disposition des points figurés ci-dessous :

$$. E \frac{\varphi}{6} . E \quad \varphi' \quad . I' \frac{\varphi}{6} . I$$

Si le point nodal d'incidence est en avant, φ est positif, et il faudra retrancher de la longueur lue sur le miroir la valeur $\frac{\varphi}{7,2}$.

La seconde correction est relative à l'existence du foyer chimique. Lorsque l'on fait le négatif, il peut arriver que la distance qui sépare les deux index ne soit pas 100mm; le coefficient de réduction n'est plus 5. On a tracé, à droite et à gauche de l'un des index, des traits espacés de 7mm2 qui permettent d'effectuer rapidement cette correction. Supposons que sur le négatif 100mm couvre la distance comprise entre les deux index $\pm K \times 7,2$; le coefficient n sera

$$\frac{500 \pm K \times 7.2}{100} = 5 \pm K \times 0,072;$$

par suite

$$F = \frac{L}{2 + 5 \pm 0,072\,K + \frac{1}{5 \pm 0,072\,K}},$$

et en désignant par F_1 la lecture faite sur le miroir,

$$F = F_1 \mp \frac{F_1 K}{100}.$$

La correction consiste à ajouter ou à retrancher $\frac{K}{100}$ de la lecture faite sur le miroir, suivant le point où tombe l'extrémité de la longueur de 100mm portée sur le négatif.

On peut dire que tous les objectifs ont un foyer chimique; par suite, le maximum de netteté (et c'est là ce qui intéresse le photographe) correspon-

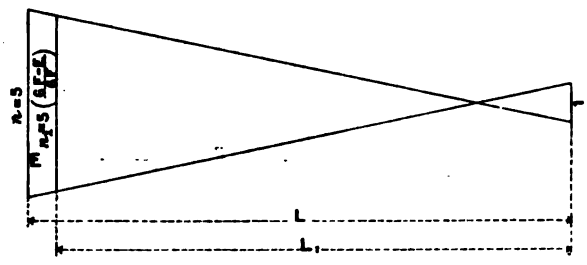


Fig. 37.

dra à un plan situé en avant ou en arrière de la mire qui porte les index. Il suit de là que les valeurs de L et de n sont erronées. Soit E (*fig. 37*) la distance qui sépare la mire du point qui donne le maximum de netteté chimique, soit e l'écart du foyer chimique

$$E = 25 \times e,$$

on aura

$$F = F_1 - e \times \frac{25}{36} = F_1 - \frac{2}{3} e .$$

Il faudra donc retrancher de F les $\frac{2}{3}$ de l'écart du foyer chimique.

Quand il s'agit de mesurer la longueur focale d'objectifs simples à court foyer, objectifs dans lesquels la distorsion est souvent très forte, on se servira d'index plus rapprochés du centre pour la mise au point.

On marque la position des points nodaux en mesurant, à partir de la glace dépolie, une distance $F + \frac{F}{5}$, valeur lue sur la règle (*voir* p. 68). Cette valeur donne la position du point nodal d'émergence à $\pm \frac{\varphi}{7,2}$ près (*fig. 38*).

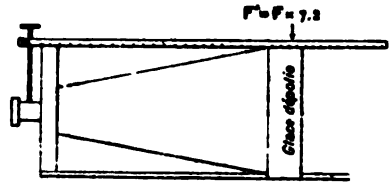


Fig. 38.

Profondeur de foyer. — La mise au point étant faite sur un objet de faible diamètre apparent, placé dans le prolongement de l'axe optique, l'objectif étant muni du diaphragme $\frac{F}{d}$, la profondeur de foyer *totale* est le déplacement que l'on peut donner à la plaque sensible sans que la netteté devienne inférieure à un chiffre déterminé, le 1/10 de millimètre par exemple.

Quatre conditions sont nécessaires pour déterminer la profondeur de foyer : 1° distance de l'objet; 2° longueur focale principale de l'objectif; 3° diamètre en millimètres du diaphragme; 4° netteté exigée. L'une de ces conditions étant inconnue, l'expresion profondeur de foyer n'a pas de sens. La netteté exigée peut être celle du dixième de millimètre ou celle du

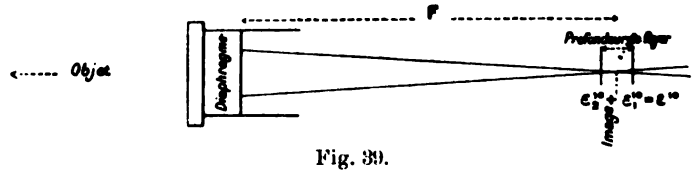


Fig. 39.

vingtième : ε^{10}, ε^{20} représenteront ces profondeurs *totales;* elles se décomposent en profondeur avant $\varepsilon_2{}^{10}$ (*fig. 39*) et profondeur arrière $\varepsilon_1{}^{10}$. On a donc

$$\varepsilon^{10} = \varepsilon_1{}^{10} + \varepsilon_2{}^{10}, \qquad \varepsilon^{20} = \varepsilon_1{}^{20} + \varepsilon_2{}^{20}.$$

Ces profondeurs de foyer avant et arrière se comptent à partir du maximum de netteté; elles ont même valeur :

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \frac{\varepsilon}{2}.$$

La *profondeur de champ* est la distance dont peut se déplacer dans l'espace un objet quelconque situé dans le prolongement de l'axe optique sans que la netteté de son image soit inférieure à une quantité déterminée, lorsque l'objectif est muni du diaphragme $\frac{F}{d}$ et que la chambre noire a un tirage déterminé. Cette profondeur de champ E est variable avec les objectifs; elle est d'autant plus grande que la longueur focale principale est plus

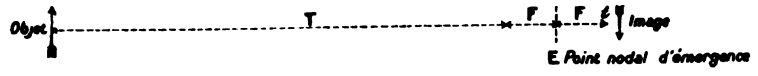


Fig. 40.

petite. Pour qu'elle ait une signification, il faut connaître F, d, la netteté et la longueur du foyer conjugué correspondant à la position de l'objet.

Si l'on désigne par T (*fig. 40*) la distance de l'objet comptée en avant du diaphragme, par t le tirage de la chambre noire, l'équation de Newton peut s'écrire

$$Tt = F^2.$$

Soit E le déplacement de l'objet, ε celui de son image

$$(T \pm E)(t \mp \varepsilon) = F^2;$$

mais n étant le coefficient de réduction, on a

$$T = nF, \qquad t = \frac{f}{n};$$

d'où

$$(nF \pm E)\left(\frac{f}{n} \mp \varepsilon\right) = F^2,$$

et, par suite,

$$E = \frac{n^2\varepsilon}{1 \mp \frac{n\varepsilon}{f}}, \qquad \varepsilon = \frac{E}{n^2 \pm \frac{nE}{F}}.$$

Pour ε très petit, on a sensiblement

$$E = n^2\varepsilon, \qquad \frac{E}{\varepsilon} = n^2.$$

Si l'objet se déplace de $n^2\varepsilon$, le maximum de netteté de l'image se déplacera de ε si l'objectif a précisément pour profondeur de foyer cette quantité ε. En faisant $n = 5$, on a

$$E \text{ (profondeur de champ)} = \varepsilon \text{ (profondeur de foyer)} \times 25.$$

Cette propriété permet de déterminer, dans des conditions données, la

profondeur de foyer. L'appareil d'essai porte deux réglettes (*fig. 41*) qui forment les deux côtés d'un triangle équilatéral et qui sont munies de voyant de netteté; elle sont graduées de 0 à 10. Le point 0 se trouve à 125mm en

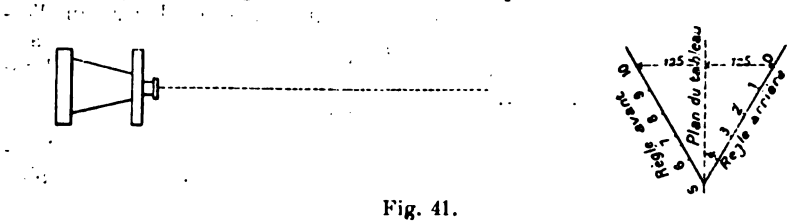


Fig. 41.

arrière du plan du tableau, le point 10 à 125mm en avant; la distance entre chaque division mesurée dans le prolongement de l'axe optique est donc 25mm. On réduit dans le rapport de 1 à 5; donc

$$\varepsilon = \frac{E}{n^2} = \frac{E}{25} = \frac{25}{25} = 1^{mm}.$$

Par suite, à un déplacement de l'objet d'une division des règles correspond un déplacement de l'image de 1mm.

Pour mesurer la profondeur, on laissera le chariot dans la position qui a

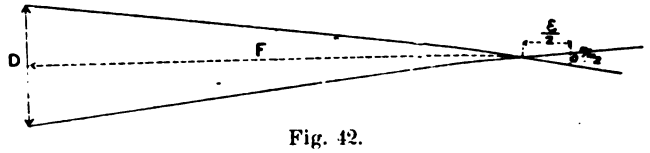


Fig. 42.

servi à déterminer la distance focale et l'on photographiera les deux règles inclinées; on fera la lecture des divisions limites de la netteté du 1/10. La différence donne en millimètres la profondeur totale du foyer correspondant à un diaphragme donné. On opère de même pour avoir la profondeur de 1/20 de millimètre (*fig. 42*).

La profondeur ne peut pas être déterminée mathématiquement parce que

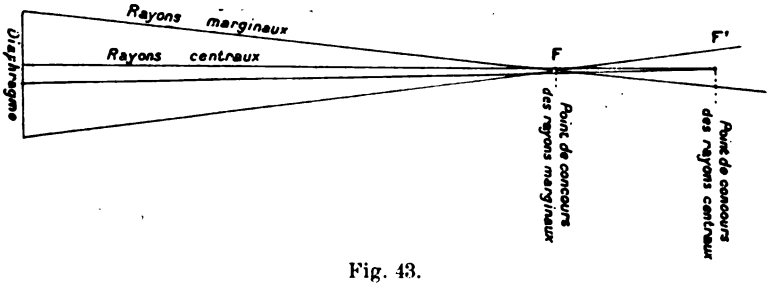


Fig. 43.

l'objectif n'est pas rigoureusement aplanétique. Les rayons centraux et les rayons marginaux ne concourent pas au même point (*fig. 43*). La profondeur théorique serait, pour un point situé à l'infini,

$$\frac{\frac{\varepsilon}{2}}{0{,}2} = \frac{F}{D}, \qquad \varepsilon = 0{,}4\,\frac{F}{D}.$$

Dans la pratique, on trouve

$$\varepsilon = 0{,}36\,\frac{F}{D} \quad \text{à} \quad 0{,}39\,\frac{F}{D}.$$

Mais dans les essais le foyer de l'objectif est

$$F + \frac{F}{5} = F \times 1{,}2;$$

on doit donc trouver pour la profondeur de l'objectif théorique

$$\varepsilon = 0{,}48\,\frac{F}{D}.$$

Si l'on compare les valeurs fournies par l'expérience avec la valeur théorique, on obtient le coefficient de profondeur α, valeur qui varie de 0,88 à 0,98

$$\alpha = \frac{\varepsilon_{10}}{0{,}48 \times \frac{F}{D}}.$$

Pour la netteté du 1/20, le coefficient

$$\alpha_{20} = \frac{\varepsilon_{20}}{0{,}24 \times \frac{F}{D}}$$

descend à 0,60, 0,40 et 0,20, suivant l'objectif.

Finesse au centre de l'image. — Aplanétisme. — L'examen des réglettes

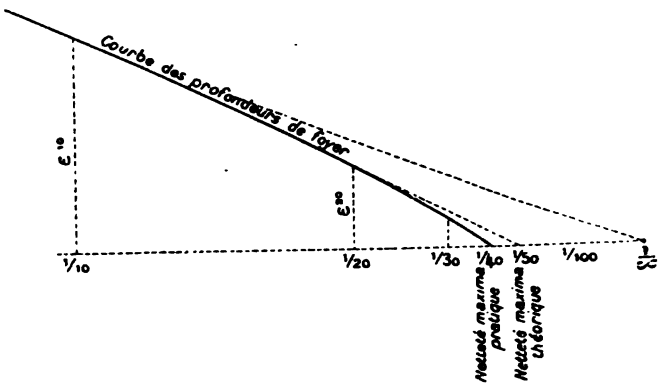


Fig. 44.

permet d'avoir une idée de la correction de l'aplanétisme. En se servant de voyants correspondant à diverses nettetés jusqu'à 1/40 de millimètre, on peut étudier la loi que suit l'augmentation de netteté au voisinage du maxi-

mum. La courbe représentant les variations de la profondeur (*fig. 44*) est sensiblement une ligne droite entre 1/10 et 1/20. Joignant ces points et pro-

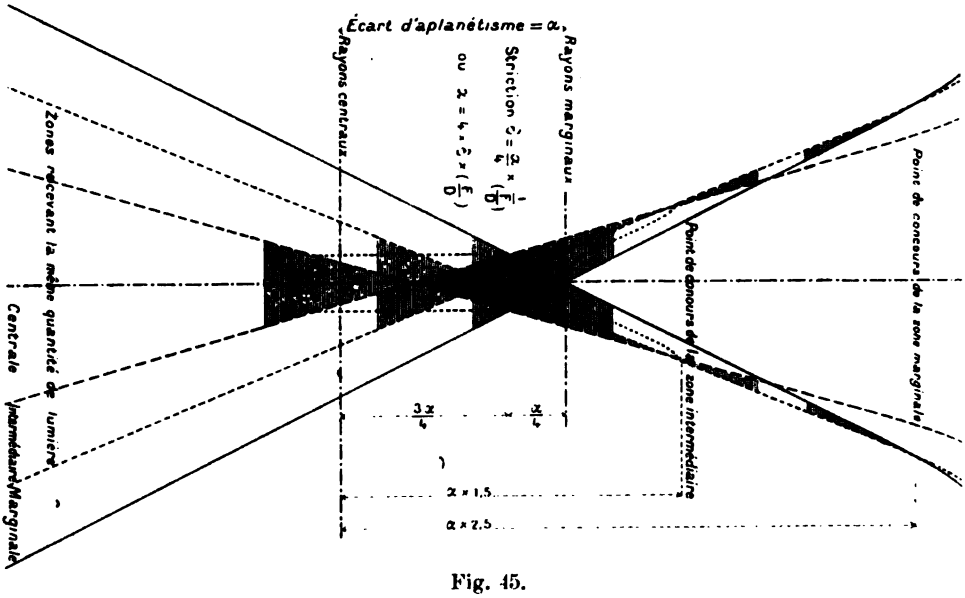


Fig. 45.

longeant cette droite jusqu'à sa rencontre avec l'axe des x, on a la valeur de la finesse maxima au centre; soit $\frac{1}{x}$ la valeur de la finesse théorique. Or

$$\frac{\varepsilon_{10}}{\varepsilon_{20}} = \frac{\frac{1}{10} - \frac{1}{x}}{\frac{1}{20} - \frac{1}{x}},$$

et, par suite,

$$x = \frac{20\,(\varepsilon_{10} - \varepsilon_{20})}{\varepsilon_{10} - 2\varepsilon_{20}},$$

si $\varepsilon_{10} = 2\varepsilon_{20}$, $x = \infty$, et l'objectif est aplanétique. Dans la pratique, il n'en est pas ainsi, et on ne peut mesurer la valeur de l'aplanétisme par la finesse de l'image.

On peut se rendre compte de l'influence de l'aplanétisme[1] sur la formation de l'image photographique à l'aide de l'expérience suivante : on place dans le porte-épreuve d'une lanterne à projections un verre dépoli et une plaque de zinc percée en son centre d'un trou fait avec une grosse épingle : on obtient ainsi un point lumineux de très petites dimensions que l'on photographie en employant une plaque lente; on déplace la planchette porte-

1. Houdaille, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 119.

objectif, on exécute sur la même plaque trois épreuves du point lumineux, l'une en faisant la mise au point exactement, les deux autres en déplaçant le châssis négatif de dix millimètres en avant ou en arrière : le diamètre de la tache qui correspond à une mise au point exacte est beaucoup plus grand que celui indiqué par le calcul pour l'image du point lumineux et dans les deux coupes du faisceau faites à dix millimètres du centre, la lumière est rejetée sur les bords dans un cas, vers le centre dans l'autre cas. L'objectif n'est pas aplanétique.

Pour étudier la marche des rayons lumineux dans un tel objectif, supposons le diaphragme divisé en trois zones concentriques de même surface, que nous appellerons *zone centrale*, *zone intermédiaire*, *zone marginale*

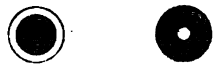


Fig. 46.

(*fig. 45*). Si les rayons lumineux émanant de ces trois zones se coupent au même point, l'égalité de surface et de lumière sera conservée sur tout le parcours du faisceau ; en la coupant en un point quelconque, la tache produite par un point lumineux devra être uniformément éclairée si l'objectif est rigoureusement aplanétique.

Dans la plupart des cas, on obtiendra d'un côté un cercle brillant entourant une tache grise, de l'autre un point brillant entouré d'une auréole grise (*fig. 46*).

Si l'on est obligé de reculer la glace dépolie pour obtenir le cercle brillant entourant la tache grise, les rayons marginaux ont un foyer plus long que les rayons centraux.

L'écart d'aplanétisme est proportionnel au carré de la distance du rayon marginal à l'axe optique.

L'examen de la coupe longitudinale du faisceau (*fig. 45*) montre que le point le plus étroit (que nous appellerons *point de striction*) ne se trouve pas à la hauteur du point de concours des rayons centraux, mais bien dans le voisinage de celui des rayons marginaux, exactement aux trois quarts de la distance qui sépare les deux points. La surface de la section au point de striction dépend uniquement de l'ouverture de l'objectif et de l'écart d'aplanétisme ; le diamètre de cette section est donné par la formule

$$\delta = \frac{\alpha}{4} \times \frac{1}{\frac{F}{D}}.$$

Le cercle brillant apparaît nettement à une distance du foyer des rayons centraux égale à deux fois l'écart d'aplanétisme.

Les courbes d'égale intensité lumineuse sont concaves du côté du point de concours des rayons marginaux, convexes du côté de celui des rayons centraux ; sur une longueur égale à l'écart d'aplanétisme, cette courbe d'égale intensité a une largeur constante.

Pour mesurer l'écart d'aplanétisme, on perce dans une plaque de zinc un

trou ayant exactement 1mm de diamètre. On place la chambre noire à la distance convenable pour réduire ce point au dixième. La trace devra avoir exactement 0mm1 sur le négatif ; tout excédent permettra de calculer l'écart d'aplanétisme. Soit α cet écart, δ le diamètre de striction :

$$\alpha = 4\delta \times \frac{F}{D}.$$

Supposons que l'on trouve que le point s'est épaissi de 0mm2 avec un objectif diaphragme à $\frac{F}{4}$, l'écart d'aplanétisme sera

$$\frac{2}{10} \times 4 \times 6 = 4^{mm}8.$$

L'excédent se mesure à l'aide d'un micromètre que l'on peut construire en réduisant au dixième une feuille de papier à dessin quadrillé au millimètre par un pointillé jaune sur fond blanc. Ce papier se trouve dans le commerce. La lecture du négatif placé au contact de ce micromètre se fait soit à la loupe, soit à la lanterne de projection.

Les écarts d'aplanétisme que l'on constate dans l'essai des objectifs sont variables. D'après M. Houdaille, on peut adopter le classement suivant :

Écart de 0 à 1 millimètre.	Très bon objectif.
— de 1 à 3 millimètres.	Bon objectif.
— de 3 à 5 —	Médiocre objectif.
— de 5 et au delà.	Mauvais objectif.

L'influence de l'aplanétisme se fait sentir sur la longueur focale, sur la profondeur, sur la finesse et sur la rapidité d'un objectif.

La variation de foyer provient de ce que la mise au point étant faite à toute ouverture, on a une tendance à régler la position de la glace dépolie au point de concours des rayons marginaux qui fournissent la plus grande somme de lumière. En réduisant le diaphragme, le foyer se raccourcit ou s'allonge de 3 ou 4mm en se rapprochant de celui des rayons centraux. La mise au point n'est plus exacte, et l'intervalle qui sépare les deux mises au point correspond aux trois quarts de l'écart d'aplanétisme.

S'il est vrai, en théorie, que la profondeur de foyer ne dépend que du rapport de la distance focale au diaphragme, il n'en est pas ainsi dans la pratique si l'aplanétisme n'a pas été réalisé d'une façon suffisante : en effet, le calcul et l'expérience montrent que, sur une longueur égale à l'écart d'aplanétisme, la zone fortement éclairée a une section sensiblement constante. Si au développement on ne fait apparaître que cette portion, il semble donc que la profondeur est augmentée, mais la netteté est médiocre. Cette augmentation de profondeur, au détriment de la finesse de l'image, peut être obtenue au gré de l'opérateur dans les objectifs à portraits de Dallmeyer. Cette augmentation disparaît si l'on exige une netteté supérieure au diamètre du cercle de striction ou si l'on exagère la durée de la pose.

Cette influence du temps de pose est considérable dans les essais qui ont pour but de déterminer la valeur de l'aplanétisme par la finesse de l'image. Avec une pose courte et un révélateur chargé en bromure, on ne fait appa-

raître que les parties les plus lumineuses de la tache. Si la mise au point a été faite dans le voisinage du point de concours des rayons centraux, le négatif n'accusera que l'image fournie par la zone centrale de l'objectif, et on sera tenté de juger l'instrument comme donnant une grande finesse. Si la pose augmente, la diffusion apparaît, les points grossissent, les traits s'empâtent et la finesse est détruite.

Il faut donc dans les essais d'objectifs adopter une unité de pose normale : le mieux est de prendre celle qui correspond à l'apparition de détails de 1/20 de millimètre.

En faisant varier la durée de la pose, en prenant comme unité cette pose normale P, on obtient des résultats fort différents.

Temps de pose.	*Résultats.*
De 1 à 5 fois P.	Détails exacts comme dimensions.
De 5 à 20 —	Les détails s'épaississent.
De 20 à 50 —	Le halo apparaît sur les bords d'une tache lumineuse.
De 50 à 100 —	Le halo apparaît le long d'un trait lumineux.
De 100 à 1.000 —	L'auréole apparaît autour d'un point lumineux.

L'aplanétisme a une importance considérable pour la production des négatifs instantanés. Un objectif non aplanétique ne fouille pas le négatif et ne donne pas de détails, non seulement parce que la finesse est moins grande, mais surtout parce que la lumière est mal distribuée. Un objectif mauvais au point de vue de l'aplanétisme *diffuse* la lumière sur une large surface ; de là ces négatifs gris, ternes, sans vigueur, fournis par ces objectifs.

Avec un objectif rigoureusement aplanétique, des plaques sans halo et une émulsion non voilée, le temps de pose peut être diminué pour ainsi dire indéfiniment.

Écart du foyer chimique. — On peut déterminer l'écart du foyer chimique par la même opération qui a donné la profondeur. La mise au point doit être faite sur les réglettes inclinées à hauteur de la division 5. Sur le négatif, on constate un déplacement du maximum de netteté. Supposons que de la division 5 ce maximum soit passé à la division 8, l'écart du foyer chimique est $8 - 5 = 3^{mm}$.

Pour avoir exactement la position du maximum de netteté, il faut faire la somme des lectures des profondeurs avant et arrière et diviser cette somme par 2. Soit lecture arrière 4, lecture avant 8 ; la moyenne est

$$\frac{4+8}{2} = 6 ;$$

le maximum de netteté sera à hauteur de la division 6. Pour avoir l'écart du foyer chimique, il faut retrancher 5, valeur de la division sur laquelle a été effectuée la mise au point $6 - 5 = 1^{m}$. Il faut donc faire la somme des lectures de la profondeur, retrancher 10 et diviser le tout par 2.

Si l'écart du foyer chimique ne dépasse pas 1 à 2 millimètres, cet écart n'a pas d'importance au point de vue pratique.

Diamètre couvert. — Si l'on donne à la chambre noire un tirage exagéré et que l'on mette au point un objet plan, on constate que la portion centrale de l'image apparaît nette la première. A mesure que l'on raccourcit le tirage, le diamètre de l'image nette augmente, puis il arrive un moment où le centre devient flou à son tour, les bords restant encore nets. C'est au moment précis où le flou commencera à apparaître que l'on mesurera le diamètre nettement couvert. Ces mesures s'effectuent en mettant au point le centre de la règle 5 avec le diaphragme $\frac{F}{10}$. On observe alors que la règle 0 est floue; sur la règle 2,5, la netteté s'étend à droite et à gauche du centre; sur les règles 5,0 et 7,5, cette netteté gagne vers les bords; enfin, sur la règle 10, le centre devient flou. La règle 7,5 correspond donc très sensiblement à la position qui donne le diamètre nettement couvert.

Pour mesurer ce diamètre, il suffit de déterminer sur le négatif la position des deux points où s'arrête la netteté et de lire sur l'échelle intermédiaire la division qui se trouve à hauteur de ces points. La somme des lectures faites sur les deux points extrêmes donne le diamètre nettement couvert. La différence des lectures doit donner 0 si l'axe optique est bien orienté; dans le cas contraire, si le chiffre diffère de 0, il y a un défaut de centrage ou un défaut d'homogénéité des verres.

Il existe certaines relations entre les diamètres couverts et les diamètres des diaphragmes.

Soient D_1, D_2 les diamètres couverts avec les diaphragmes de diamètre d_1, d_2; on aura

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}.$$

Cette loi se vérifie dans certaines limites. Si l'essai a été fait avec le diaphragme $\frac{F}{20}$ la loi se vérifie au moins entre $\frac{F}{10}$ et $\frac{F}{40}$ avec la plupart des objectifs.

L'angle nettement couvert dépend du rapport du diamètre couvert à la distance focale; il est donné par la formule

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}\omega = \frac{D}{2F}.$$

M. Houdaille a constaté que dans les objectifs de fabrication courante d'une même série, l'angle nettement couvert est absolument indépendant de la distance focale et ne dépend que du diamètre du diaphragme.

Dans l'appareil de M. Houdaille, l'échelle inférieure est graduée de telle sorte que chaque division correspond au carré de la division correspondante de l'échelle des diamètres.

Les surfaces couvertes par un même objectif avec la netteté 1/10 sont inversement proportionnelles aux carrés des diaphragmes.

Volume focal pour la netteté 1/10. — Le volume focal est le lieu des

points de l'espace pour lesquels la netteté de l'image d'un des points du plan est supérieure à une valeur déterminée.

Supposons que par un mouvement en avant et par un mouvement en arrière les règles portant les voyants de netteté soient venues dans le plan vertical de la règle 5 (*fig. 47*). Les images de ces règles viendront se former

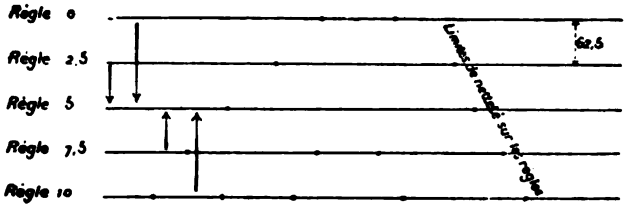


Fig. 47.

dans une certaine zone en avant ou en arrière de la glace dépolie. On connaît au moins deux points par règle qui correspondent à la limite de netteté. En réunissant ces points par une ligne continue, on pourra déterminer

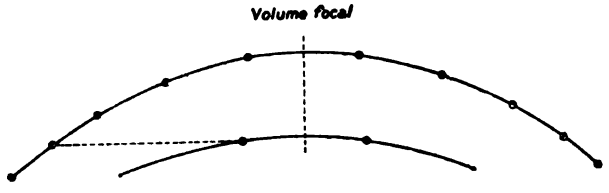


Fig. 48.

dans l'espace une certaine surface à l'intérieur de laquelle l'image d'un des points du plan sera nette, tandis qu'elle sera floue en dehors (*fig. 48*). La netteté limite adoptée est celle de 1/10 de millimètre.

On peut se représenter le volume focal correspondant à une surface quel-

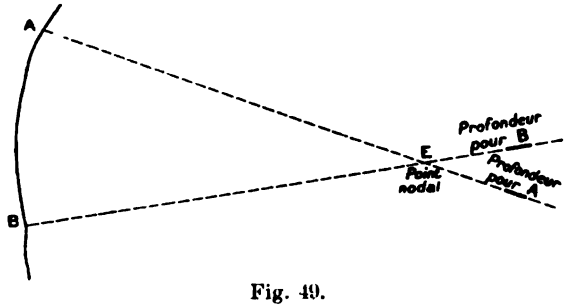


Fig. 49.

conque de l'espace en déterminant pour chacun des points de cette surface l'élément de droite qui représente la profondeur du foyer (*fig. 49*). L'opérateur a grand intérêt à obtenir un volume très aplati et de grande épaisseur. La plaque sensible, dont la surface est plane, peut se loger dans cette épaisseur; l'image est nette dans toutes ses parties.

Pour construire une section du volume focal, il faut déterminer les limites de netteté sur chacune des cinq règles photographiées par l'objectif; on se donne ainsi un certain nombre de points de la courbe. On reporte ces points sur cinq lignes droites espacées de 2mm5, on les réunit par un trait continu; on obtient ainsi la forme du volume focal correspondant à la netteté de 1/10. On trace par ce procédé deux courbes limitant la netteté, l'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur, c'est-à-dire du côté le plus rapproché de l'objectif (*fig. 50*). Ces deux courbes sont raccordées l'une à l'autre par un élément arrondi, et entre elles on peut tracer une courbe idéale qui correspond à la position du maximum de netteté. Celle qui limite la netteté à l'extérieur limite aussi les diamètres nettement couverts pour différentes mises au

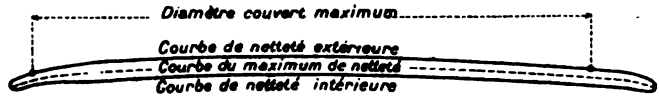


Fig. 50.

point. En menant une ligne perpendiculaire à l'axe optique et tangente à la courbe de netteté limite intérieure, on inscrit dans le volume focal le *diamètre maximum* que l'objectif peut nettement couvrir.

L'épaisseur du volume focal au centre fournit une deuxième mesure de la profondeur du foyer. En déterminant sur le papier la position du point nodal d'émergence et en traçant une série de lignes faisant un angle de 10°, 20°, 30°, on détermine la profondeur de foyer pour toutes ces directions, ainsi que l'angle nettement couvert.

La courbe qui limite la netteté à l'extérieur peut être assimilée à une parabole (pour les objectifs de construction courante). En posant

$$y^2 = 2px,$$

le paramètre p de cette parabole est fonction du foyer F; on peut écrire

$$p = \beta \times F.$$

M. Houdaille a trouvé $\beta = 1{,}5$ à $1{,}6$ pour les objectifs simples, 1,6 à 2 pour les objectifs rectilignes et 2,5 à 3 pour les objectifs en verre d'Iéna. Si l'on prend pour unité $p = 2F$, on a la valeur du paramètre pour les objectifs de fabrication courante. Lorsque l'on essaie un objectif en faisant la réduction au cinquième, la distance focale est $1{,}2 \times F$. Le paramètre de la courbe focale d'un objectif moyen devra être $2{,}4 \times F$.

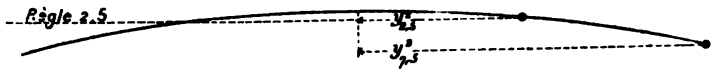


Fig. 51.

On peut déterminer ce paramètre p en cherchant sur les règles 7,5 et 2,5 les limites de netteté (*fig. 51*). L'échelle inférieure, celle des carrés, donne les valeurs de y_2. Or, on a :

$$y^2_{2,5} = 2px_{2,5}, \qquad y^2_{7,5} = 2px_{7,5},$$

et comme ces règles forment leur image à 5 millimètres l'une de l'autre,

$$p = \frac{y^2_{7,5} - y^2_{2,5}}{10}.$$

On obtient la valeur du paramètre en faisant la différence des moyennes des lectures de l'échelle inférieure (celle des carrés) sur les règles 7,5 et 2,5, et en divisant le résultant par 10.

Le paramètre p est le rayon de courbure de la surface focale extérieure. Si l'on compare le paramètre d'un objectif quelconque avec le paramètre de l'objectif moyen, on obtient le *coefficient d'aplatissement*. Ce coefficient se rapproche de l'unité pour un objectif bien construit et de valeur moyenne.

La valeur du paramètre p a une tendance à augmenter à mesure que le diaphragme diminue.

On peut calculer d'avance le diamètre couvert par un objectif avec un diaphragme quelconque quand on a déterminé la valeur photographique d'un objectif de la même série.

Soit, en effet, l'objectif type pour lequel $p = 2F$, ou, en réduisant au 1/5e, $p = 2{,}4\,F$, et pour lequel la profondeur du foyer

$$x = \varepsilon = 0{,}48\,\frac{F}{d},$$

profondeur théorique avec la netteté de 1/10 de millimètre, y représentant le demi-diamètre $\frac{D}{2}$, on aura d'après la formule $y^2 = 2px$,

$$\frac{D^2}{4} = 0{,}48 \times 4{,}8 \times \frac{F^2}{d}, \qquad D = F\sqrt{\frac{9{,}2}{d}},$$

formule dans laquelle D, F et d représentent des millimètres.

Prenons un objectif de même foyer F que nous voulons comparer à l'objectif type; nous trouverons une certaine valeur D′ pour le diamètre couvert

$$\frac{D'^2}{D^2} = V.$$

Ce coefficient V permettra de calculer le diamètre couvert par cet objectif avec tous les diaphragmes et avec la netteté $\frac{1}{N}$ au moyen de la formule

$$D = F\sqrt{\frac{V \times 9{,}2}{d \times N}}.$$

Le volume focal peut être construit à l'aide d'un autre procédé. Posons $y^2 = Y + K$, l'équation de la parabole devient

$$Y = \frac{2p}{K}\,x.$$

Prenons pour K l'unité avec laquelle on mesure, soit le millimètre; Y représentera avec cette unité le carré de y, et on aura l'équation

$$Y = 2px.$$

C'est une droite qu'il est facile de construire (*fig. 52*). Le tracé total est constitué par deux droites faisant entre elles un angle voisin de 180°.

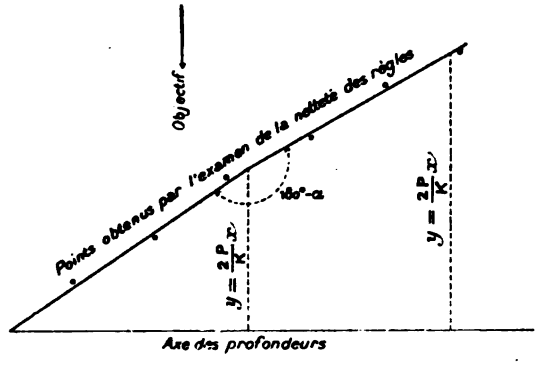


Fig. 52.

Astigmatisme. — Il existe deux positions pour chaque direction oblique qui donnent le maximum de netteté, l'une pour les traits passant par le centre de l'image (traits *horizontaux*), l'autre pour les traits perpendiculaires (traits *verticaux*) (*fig. 53*). On peut construire les volumes focaux correspondant à chacune de ces catégories de traits : ce sont les volumes

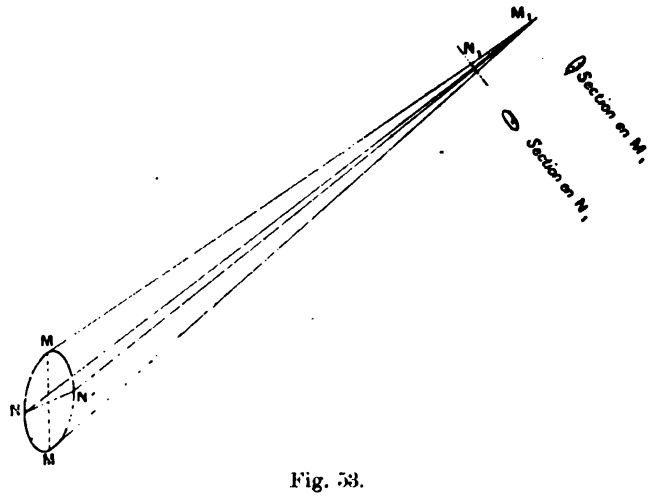


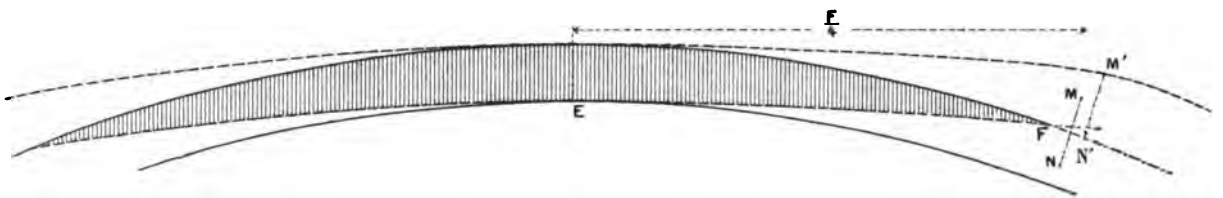
Fig. 53.

focaux élémentaires. Si ces deux volumes coïncident, l'astigmatisme est complètement corrigé. Mais ce résultat est loin d'être obtenu pour les objectifs de construction courante. Dans ces objectifs, le volume focal correspondant aux traits verticaux est en général très aplati, quelquefois même il tourne sa concavité vers l'extérieur. Au contraire, le volume focal correspondant aux traits passant par le centre a une courbure plus forte. La partie commune à ces deux volumes focaux élémentaires (*fig. 54*) constitue le volume focal de netteté absolue. La surface focale extérieure de ce volume

— — — — — — — Volume focal élémentaire des traits verticaux.

———————— — — — horizontaux.

▨ — de netteté absolue ou partie commune aux deux volumes élémentaires.



M N ou M'N' astigmatisme à la distance E du centre de l'image.
M N distance qui sépare les surfaces focales de netteté maxima des volumes élémentaires.
M'N' distance qui sépare les surfaces focales de netteté extérieure des volumes élémentaires.

Fig. 54.

est en général déterminée par la limite du volume focal des traits passant par le centre (indiqué sur la figure par un trait continu). Leur surface focale intérieure est, au contraire, déterminée par la limite intérieure du volume focal des traits perpendiculaires.

L'astigmatisme sera mesuré en chaque point par la distance qui sépare la surface focale de maximum de netteté des deux volumes focaux élémentaires, ou, ce qui revient à peu près au même, par la distance qui sépare leurs surfaces focales de netteté limite extérieure, MN ou M'N'.

Les volumes focaux élémentaires doivent être construits points par points en se servant de l'image des cinq règles parallèles sur lesquelles se trouvent les voyants de netteté et les deux séries de traits fins. On peut cependant trouver plus facilement une valeur de l'astigmatisme. Si l'on construit comme précédemment la parabole $y^2 = KY$, les volumes focaux élémentaires sont limités par des lignes droites. Dans ce cas, OH (*fig. 55*) représentera la limite de netteté des traits horizontaux, OV celle des traits verticaux, et à une distance ρ^2 du centre l'astigmatisme sera représenté en vraie

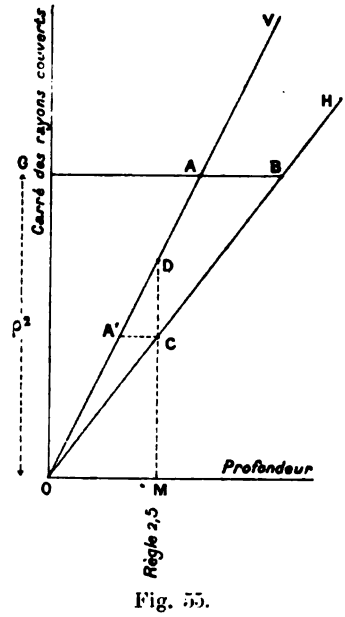


Fig. 55.

grandeur par la ligne AB. Pour déterminer AB, soit H et V les carrés des rayons nettement couverts par les traits horizontaux et les traits verticaux. Ces carrés sont proportionnels aux paramètres des deux transformées $y = 2px$ et $y' = 2p'x$ des deux paraboles des deux volumes focaux. Donc,

$$\frac{H}{V} = \frac{p}{p'}, \qquad \rho^2 = 2p' \times GA = 2p \times GB,$$

ou bien

$$GB - GA = AB = \frac{\rho^2}{2}\left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p'}\right) = \frac{\rho^2}{2p}\left(1 - \frac{H}{V}\right).$$

Posons

$$1 - \frac{H}{V} = \gamma.$$

Ce coefficient est caractéristique de l'objectif; c'est le *coefficient d'astigmatisme.*

On peut calculer l'astigmatisme sous le même angle pour des objectifs de foyers différents. Tous les objectifs couvrent au moins un cercle de foyer $\frac{F}{2}$. On peut donc prendre pour valeur de la distance au centre de l'image

$$\rho = \frac{F}{4};$$

d'où

$$\rho^2 = \frac{F^2}{16}, \qquad p = \beta \times F,$$

β étant un coefficient variable suivant les objectifs; il varie de 1,5 à 3,0 en moyenne. On aura donc

$$\text{Astigmatisme} = \frac{\rho}{2\beta} \times y = \frac{F^2}{32\beta \times F}\, y = \frac{F}{32\beta}\, \gamma.$$

Pour un objectif moyen, on aura, à la distance $\frac{F}{4}$ du centre,

$$\beta = 2, \qquad \gamma = 0{,}50, \qquad \text{astigmat.} = \frac{F}{128}.$$

Pour calculer le coefficient $1 - \frac{H}{V}$, on examine sur la règle 2,5 la netteté des traits verticaux et horizontaux, et on fait la lecture sur l'échelle inférieure (échelle des carrés ou des surfaces). On détermine ainsi H et V, et, par suite, le coefficient γ.

On constate avec les objectifs de qualité moyenne que la longueur AB, mesurée à la distance ρ du centre de l'image, ne varie pas avec le diaphragme employé; mais en effilant le pinceau lumineux on atténue le flou produit par l'astigmatisme. Par suite, pour que l'image puisse être nette à la distance aF, il faut que l'astigmation soit au plus égale à la profondeur.

$$\frac{a^2F^2}{2\beta F} \times \gamma = 0{,}48 \times \frac{F}{d};$$

d'où

$$d = \frac{0{,}96\beta}{\gamma a^2},$$

ou sensiblement

$$d = \frac{\beta}{\gamma a^2}.$$

Soit, par exemple, $\beta = 2$, $\gamma = 0{,}5$, $a = 0{,}5$, on aura $d = 16^{mm}$; si $\gamma = 1$, on trouve $d = 8^{mm}$. Donc, le premier objectif pourra travailler avec un diaphragme de 16^{mm} en donnant une netteté suffisante à la distance $\frac{F}{4}$ du centre. Pour le second, il faudra réduire le diaphragme à 4^{mm}.

Distorsion. — L'effet de la distorsion est d'incurver les lignes droites de l'image d'un plan soit vers le centre de l'image (distorsion en barillet), soit vers l'extérieur (distorsion en croissant). On peut la définir et la mesurer en étudiant la variation du rapport de réduction de l'image à l'objet dans les diverses parties de l'image d'un plan. Le *coefficient de distorsion* δ est la différence de longueur de l'unité de mesure au centre de l'image et à la distance L du centre, divisée par cette distance L (on prend le centimètre pour unité). La réduction de longueur d'une division est d'ailleurs proportionnelle à la distance au centre de cette division; en supposant le coefficient de distorsion indépendant de la distance au centre, la longueur d'une droite L partant du centre et soumise à la distorsion $\left(\text{coefficient } \frac{\delta}{1000}\right)$ sera

$$L' = L - \left[\frac{1+3+5+(2L-1)\delta}{2000}\right] = L\left(1 - \frac{L\delta}{2000}\right);$$

d'où

$$\frac{L - L'}{L^2} = \frac{\delta}{2000},$$

ou

$$\frac{2L - 2L'}{L^2} = \frac{\delta}{1000}.$$

Pour $L = 10$, on aura

$$\delta = 10\,(2L - 2L').$$

Pour déterminer δ, il suffit donc de déterminer les longueurs L et L' d'une droite de 0m10 partant du centre de l'image, suivant qu'elle est ou non soumise à la distorsion.

Dans l'appareil d'essai de M. Houdaille, sur l'échelle supérieure sont tracés deux index AA' à 0m10 d'intervalle, et deux autres BB' à 1 mètre d'intervalle (*fig. 56*). En réduisant l'échelle au 1/5, la longueur AA' = 0m02 et BB' = 0m20. AA' conservera sensiblement sa longueur, même si l'ob-

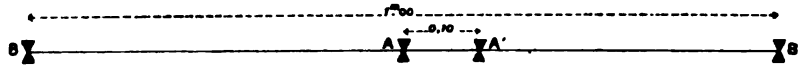


Fig. 56.

jectif a de la distorsion; mais BB' sera plus grande ou plus courte que 0m20. On mesure cette longueur, soit 2L'; on mesure AA', soit 2L : on aura $\delta = (10\,AA' - BB')$ en centimètres. Si AA' et BB' sont mesurés en millimètres, on aura $\delta = 10\,AA' - BB'$. Tant que le coefficient δ est inférieur à 1 ou 2, la distorsion est insensible à l'œil. Pour les objectifs simples à deux verres plan convexe, on trouve $\delta = \frac{160}{F}$ en centimètres.

On peut calculer la flèche d'une droite passant à une certaine distance du centre de l'image. Soit une droite BB' de longueur F passant à la distance $\frac{F}{2}$ du centre O de l'image (*fig. 57*), centre que nous supposons placé dans le prolongement de l'axe optique. Si l'objectif n'était pas soumis à la distor-

sion, on aurait $OB = \frac{F}{\sqrt{2}}$; mais par l'effet de la distorsion A vient en A_1, B vient en B_1. La flèche f de la ligne B_1A_1B' sera $B_2B_1 - AA_1$; il faut

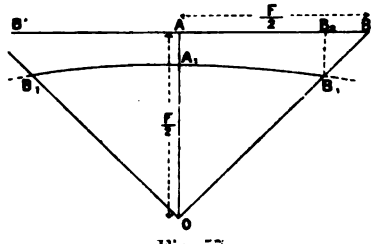


Fig. 57.

calculer $AA_1\,B_2B_1$. Une droite de longueur L subit une réduction $\frac{L\delta}{2000}$. Par suite

$$AA_1 = \frac{F^2\delta}{8000}, \qquad BB_1 = \frac{F^2\delta}{4000}, \qquad B_1B_2 = \frac{F^2\delta}{4000\sqrt{2}} = \frac{F^2\delta\sqrt{2}}{8000};$$

d'où

$$B_1B_2 - AA_1 = \frac{F^2\delta\,(\sqrt{2}-1)}{8000} = \frac{0{,}41\,F^2\delta}{8000},$$

ou sensiblement

$$B_1B_2 - AA_1 = \frac{F^2\delta}{20000};$$

telle est la valeur de la flèche f en prenant le centimètre pour unité. Dans les objectifs simples $\delta = \frac{160}{F}$, on trouve pour valeur de cette flèche

$$f = F \times \frac{160}{20000} = 0{,}008\,F.$$

La forme de l'image d'une ligne droite de longueur L passant à une distance a du centre de l'image (*fig. 58*) peut être facilement déterminée. Lorsqu'une droite passe par le centre de l'image, elle n'est pas déformée,

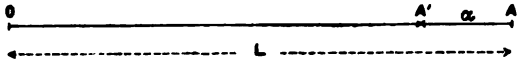


Fig. 58.

mais ses dimensions sont réduites : la longueur $OA = L$ devient $OA' = L - \alpha$, et à tout accroissement dl de la droite correspond un accroissement $d\alpha$ de α. Or, l'expérience montre qu'en désignant par h une longueur variable avec l'objectif et caractéristique de la distorsion, on a :

$$\frac{d\alpha}{dl} = \frac{l}{h};$$

d'où, en intégrant,

$$\alpha = \frac{l^2}{2h} + C.$$

La constante C est nulle, car pour $l = 0$, $\alpha = 0$.

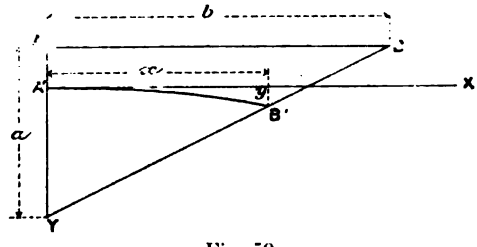


Fig. 59.

Cherchons ce que devient une droite AB (*fig. 59*) passant à la distance a du centre et soumise à la distorsion. A vient en A′ à la distance

$$\frac{a^2}{2h} = c\ ;$$

B vient en B′ sur la courbe dont il s'agit de trouver l'équation. Prenant A comme origine des coordonnées A′X, A′Y, on a :

$$\frac{y+c}{b-x} = \frac{a}{b}, \qquad (y+c)^2 + (b-x)^2 = (a^2+b^2)^2\,\frac{c^2}{a^4}\ ;$$

d'où

$$y + c = +\frac{c}{a}\sqrt{a^2+b^2},$$

et, comme b est très voisin de x, on peut écrire

$$y + c = \pm\frac{c}{a}\sqrt{a^2+x^2}.$$

Pour $x = 0$, $y = 0$, puisque la courbe passe par l'origine. On a donc

$$y = -c + \frac{c}{a}\sqrt{a^2+x^2}.$$

C'est une hyperbole dont le rayon de courbure est $\frac{a^2}{c} = h$. Pour $x = a$, on trouve

$$y = c\sqrt{2} - 1\ ;$$

et si $a = \frac{F}{2}$, on a

$$c = \frac{F^2}{8h},$$

d'où

$$a = \frac{F^2\,(\sqrt{2}-1)}{8h},$$

ce qui donne la valeur de la flèche, valeur identique à celle calculée à l'aide du coefficient δ en faisant $h = \frac{1000}{\delta}$.

On peut, à l'aide de ces formules, calculer les flèches d'une droite de longueur quelconque passant à une distance quelconque du centre.

Défauts divers. — Le défaut de montage dans un objectif simple provient de ce que l'axe optique ne coïncide pas avec l'axe de la monture ou avec la normale à la planchette porte-objectif. On s'aperçoit de ce défaut en comparant les lectures droite et gauche des limites de netteté sur les cinq règles.

Dans un objectif double, les deux axes optiques des deux systèmes de lentilles peuvent ne pas coïncider. Ce défaut de centrage se traduira par une déformation du volume focal, qui ne sera plus une surface de révolution ; il en résultera que les différences de lecture sur les cinq règles présenteront des discordances considérables. On peut retrouver la direction pour laquelle cette déformation est la plus sensible en disposant sept règles munies de voyants convergeant vers le centre de l'image ; en déterminant la limite de netteté point par point, on peut trouver deux directions qui donnent l'une le maximum de netteté, l'autre le minimum.

Le défaut d'homogénéité dans les verres se traduit par des protubérances ou des creux dans le volume focal.

Valeur des divers coefficients. — M. Houdaille admet pour un objectif moyen les valeurs suivantes :

Profondeur pour la netteté 1/10 :

$$\frac{\varepsilon_{10}}{0{,}48\,\frac{F}{d}} = 0{,}80 \text{ à } 0{,}90.$$

Profondeur pour la netteté 1/20 :

$$\frac{\varepsilon_{20}}{0{,}24\,\frac{F}{d}} = 0{,}40 \text{ à } 0{,}60.$$

Finesse au centre à toute ouverture :

$$\frac{\varepsilon_{10} - 2\varepsilon_{20}}{20(\varepsilon_{10} - \varepsilon_{20})} = \frac{1}{40} \text{ à } \frac{1}{60}.$$

Écart du foyer chimique :

$$\frac{e}{F} = 0{,}0015 \text{ à } 0{,}005.$$

Diamètre couvert :

$$\frac{D}{\sqrt{9{,}2 \times \frac{F^2}{d}}} = 0{,}80 \text{ à } 1{,}00.$$

Surface couverte :

$$\frac{S}{4.6\,\frac{F^2}{d}} = 0{,}64 \text{ à } 1{,}00.$$

Rayon de courbure de la surface focale :

$$\frac{R}{2{,}4\,F} = 0{,}90 \text{ à } 1{,}00.$$

Coefficient d'astigmatisme :

$$1 - \frac{H}{V} = 0{,}8 \text{ à } 0{,}5.$$

Coefficient de distorsion pour les objectifs rectilignes :

$$\delta \times F = 400 \text{ à } 200.$$

Coefficient de distorsion pour les objectifs simples :

$$\delta \times F = 1600 \text{ à } 2000.$$

Rapidité. — On calcule le rapport $\left(\frac{F}{D}\right)^2$; le temps de pose est proportionnel à cette quantité, sauf correction pour la clarté.

Clarté. — On photographie dans une pièce obscure sur la même plaque une lanterne de laboratoire dont le verre rouge a été remplacé par un verre dépoli, on pose 100^s avec les lentilles munies de leur plus petit diaphragme, on enlève les lentilles de l'objectif et on pose 85^s, 80^s, 75^s ; on développe légèrement, on examine la teinte des quatre taches du négatif. Si la tache posée 80^s a la même intensité que celle qui a été posée 100^s avec les lentilles, le coefficient de clarté sera 0,80, valeur moyenne pour les lentilles usuelles ; elles absorbent 20 % de lumière.

Pouvoir réflecteur. — On photographie un trou rond percé dans une caisse doublée en velours noir et dont la paroi extérieure est d'un blanc éclatant. Si le rond noir se teinte sur le négatif, il y a réflexion de lumière entre les lentilles ; ce défaut est très fréquent.

Coloration des verres. — On photographiera deux séries de cases dégradées teintées les unes en rouge, les autres en vert ; au centre de chaque teinte se trouvent des groupes de sept points noirs. On dira qu'une teinte est révélée lorsqu'on pourra distinguer au centre le groupe de sept points. Par des essais comparatifs sur la même plaque, on pourra apprécier la faculté d'un objectif de discerner plus facilement soit les teintes vertes, soit les teintes rouges. S'il est coloré en jaune, il doit laisser passer les rayons rouges de préférence aux rayons verts.

1315. Méthode du Dr Rudolph. — M. le Dr Rudolph a construit un appareil permettant de mettre en évidence la valeur et les qualités particulières propres à chaque genre d'objectifs et spécialement le degré de ne du centre de l'image jusqu'aux bords, la répartition de la netteté en avant et en arrière du plan focal, l'étendue de la surface couverte avec les différents diaphragmes. Ces qualités ne peuvent être constatées rapidement qu'en employant, au lieu de mire plane, un objet présentant différents plans.

Le Dr Rudolph emploie une série de test-focimètres, l'un de ces focimè-

tres de la série étant analogue à celui que nous avons décrit (I, **155**) il y a plusieurs années[1]. Il utilise un très grand nombre de secteurs fixés sur un axe de 2 mètres de long : les vingt secteurs sont disposés en hélice sur cet axe de façon à donner sur l'épreuve un disque continu, l'axe de l'objectif étant placé dans le prolongement de l'axe de l'hélice du focimètre d'indice 0. Il suffit de mettre au point sur le secteur du milieu du focimètre d'indice 0 pour constater les variations de la netteté de l'image suivant un diamètre de la plaque, ce qui suffit, les lentilles et le volume focal étant, pratiquement, des surfaces de révolution. L'axe du focimètre d'indice 0 coïncidant avec l'axe de l'objectif et les axes des autres focimètres venant se couper au point nodal d'incidence de l'objectif, on peut construire par points la surface correspondante à une netteté déterminée. Au pied de chaque focimètre se trouve une fiche glissant sur une règle de 5 mètres de long et indiquant en degrés l'angle que fait chaque focimètre avec l'axe principal de l'objectif.

Pour faire les essais comparatifs avec cet appareil, il faut que la mise au point ait été exécutée sur le milieu de l'image avec tous les objectifs ayant même correction chromatique. Les ouvertures relatives des objectifs comparés doivent être les mêmes; l'échelle de l'image pour tous les objectifs doit être la même; les foyers des objectifs doivent peu différer; la comparaison doit se faire exactement sous le même angle. Dans ces conditions, les essais comparatifs auront une valeur sérieuse et les épreuves prouveront d'ailleurs si ces conditions ont été réalisées. En particulier, si les objectifs sont diaphragmés de la même façon, la profondeur de netteté sur toutes les épreuves en avant et en arrière du secteur médian du focimètre d'indice 0, secteur nettement mis au point, doit être la même.

L'emploi de cet ingénieux appareil permet d'atteindre une très grande précision dans les essais d'objectifs. Mais le maniement de cet instrument n'est pas à la portée de tous les amateurs; il peut cependant être employé avantageusement par les opticiens qui possèdent un local suffisamment vaste pour l'installer.

1315 *bis*. **Essai du foyer chimique.** — M. Cousin a apporté une modification ingénieuse au tourniquet de M. le colonel Moessard (I, 146). Dans le tourniquet, l'objectif est mobile autour d'un axe passant par son point nodal d'émergence, et cette image se forme sur un micromètre fixe placé au foyer d'un microscope coudé. Pour l'essai photographique, M. Cousin substitue au microscope un tube cylindrique, de quelques centimètres de diamètre, formé de deux parties : l'une, fixe, est fermée à sa partie antérieure par une lame métallique, percée excentriquement d'une petite ouverture circulaire qui vient se placer à la hauteur de l'axe, un peu en avant de la position qu'occupait le micromètre; le second, qui glisse dans le premier d'un mouvement hélicoïdal, porte en avant une glace sensible sur laquelle les rayons lumineux traversant l'objectif et la petite ouverture circulaires viennent former l'image d'une mire éloignée constituée par des voyants du type Houdaille. Par des mouvements égaux de rotation imprimés au second tube, on fait tourner la glace sensible en même temps qu'on fait avancer ou reculer, chaque fois d'un dixième de millimètre, la glace sensible à par-

1. *Aide-mémoire de photographie* 1890, p. 129.

tir d'une position qui correspond au plan du micromètre, c'est-à-dire de la mise au point optique. Au développement on trouve disposées circulairement sur cette plaque une vingtaine d'images correspondant à des plans équidistants s'écartant régulièrement, de part et d'autre, du foyer optique; en les examinant, il est facile de constater si le maximum de netteté correspond à ce foyer optique, et, par suite, si l'objectif a un foyer chimique. On peut constater aussi les différences de netteté de part et d'autre du maximum. En répétant la même opération pour divers axes secondaires, on réunit tous les éléments nécessaires pour déterminer réellement le volume focal, et même, grâce aux traits rectangulaires dessinés sur la mire, les deux volumes focaux d'astigmatisme [1].

1316. Remarques sur les essais des objectifs. — Pour comparer divers objectifs, les essais faits à la mire, et en particulier par le procédé de Zcshoke, sont ceux que l'on doit préférer : on obtient par ce procédé une section droite des surfaces focales dans le cas où l'objectif travaille en réduisant l'image au dixième de sa grandeur; on n'est donc pas très éloigné des conditions dans lesquelles travaillera réellement l'objectif s'il s'agit d'instruments destinés à reproduire des paysages, monuments, etc. L'essai des objectifs destinés aux reproductions de cartes, plans, etc., peut fort bien être fait à l'aide de la mire.

L'essai à l'aide de mires placées à grande distance, et par mires à grande distance il faut entendre celles qui sont situées à 30 mètres au moins de l'appareil et qui sont constituées par les objets les plus divers (tiges de paratonnerre, girouettes, enseignes, joints de briques, persiennes de fenêtre, etc.), ne fournissent pas toujours des résultats absolument comparables; de plus, ces essais ne peuvent être effectués par tous les temps. Ils ne fournissent des résultats bien concluants que si l'on opère par un temps calme et à l'abri des rayons solaires. Lorsque les objets visés sont chauffés par le soleil, l'air est en mouvement au voisinage de ceux-ci. Par suite de la différence de densité de l'air chaud et de l'air froid, les images formées au foyer des objectifs sont plus ou moins *ondulantes;* les épreuves que l'on obtient sont plus ou moins floues, surtout s'il s'agit d'images dites instantanées. L'examen à la loupe du négatif peut alors faire rejeter comme mauvais un objectif qui en réalité est fort bon.

Cette cause d'erreur se produit particulièrement lorsque d'un point élevé d'une ville on vise au-dessus des toitures des maisons : l'exa-

1. E. Wallon, *Annuaire international de la photographie*, 1895, p. 27.

men de diverses épreuves faites avec un même objectif, à des heures différentes de la journée, montre combien ce genre d'essai est défectueux dans certains cas. Ces essais ne sont pas toujours possibles; aussi vaut-il mieux employer la mire qui, dans tous les cas, fournit des chiffres à l'aide desquels on obtient une notion suffisamment précise de la valeur de l'objectif.

Parmi les diverses causes qui font varier la qualité d'un objectif, surtout lorsqu'il s'agit d'instruments fabriqués avec les nouvelles matières, il convient de citer la flexibilité du verre : il faut donc éviter de visser trop fortement les objectifs dans leurs rondelles ; la pression que les lentilles éprouveraient de ce chef pourrait non seulement modifier leur forme, mais encore l'état moléculaire du verre [1].

Les brusques variations de la température sont aussi très préjudiciables à certains objectifs fabriqués en verre d'Iéna. Indépendamment de la buée qui se dépose sur les verres quand la température s'élève brusquement, ces verres peuvent éprouver le phénomène de la trempe par un brusque refroidissement; ce sont surtout les bons objectifs qui sont sujets à ces accidents, qu'il est d'ailleurs facile d'éviter.

BIBLIOGRAPHIE.

HOUDAILLE. *Méthode d'essai des objectifs.*
FÉRY et BURAIS. *Traité de photographie industrielle.*

1. *Deutsche Photographen Zeitung*, 1895, n° 22.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION DES NOUVEAUX OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

§ 1. — GÉNÉRALITÉS.

1317. Perfectionnements apportés à la fabrication des objectifs. — Le nombre des objectifs photographiques s'est considérablement accru dans ces dernières années : cela tient aux matières récemment mises à la disposition des opticiens et, en particulier, des verres à la baryte, verres qui ont été obtenus pour la première fois en France, mais dont l'application aux instruments d'optique n'a pu être faite d'une façon sérieuse qu'en 1884 en Allemagne, grâce aux subsides du gouvernement allemand. La construction des objectifs de microscope a été entièrement modifiée par l'apparition de ces nouvelles matières, et, dès 1886, nous avons signalé l'importance que présentaient ces verres pour la construction des objectifs de photographie[1]. Ces verres à la baryte modifiaient tellement les résultats antérieurement obtenus, que peu de fabricants les adoptèrent. C'est grâce aux travaux du Dr Rudolph que les opticiens produisant des objectifs photographiques ont reconnu tout le parti que l'on peut tirer des matières qui, ayant même indice de réfraction, ont des dispersions différentes. Le succès obtenu par les anastigmats (A, **1065**) a décidé les plus hésitants à entrer dans la voie nouvelle, si brillamment inaugurée par Zeiss. Nos verriers se sont mis à l'œuvre et, grâce à l'habileté et à la persévérance de M. Mantois, fabricant verrier à Paris, les nouvelles matières obtenues peuvent hardiment supporter la comparaison avec les matières étrangères. Certaines d'entre elles (les crowns-baryum lourds, par exemple), sont supérieures à ce qui se fait dans les autres pays, à

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1886.

tel point que ces verres sont exportés dans divers pays, et en particulier en Allemagne : ce succès est exclusivement dû à l'industrie privée. L'optique photographique française n'est donc plus obligée de demander à l'industrie étrangère les matières premières dont elle a besoin. Ces matières premières sont extrêmement nombreuses, et l'opticien n'est plus aujourd'hui forcé de travailler avec les verres anciens, dont le pouvoir dispersif croissait à peu près régulièrement avec l'indice de réfraction ; il a aujourd'hui à sa disposition un très grand nombre de matières qui lui permettent d'entreprendre d'une façon tout à fait scientifique la construction d'objectifs de formes les plus diverses. Le verrier peut aujourd'hui livrer à l'opticien des verres présentant tel indice et tel pouvoir dispersif déterminé, permettant d'aborder avec succès la construction de types d'objectifs absolument nouveaux. Tout est loin d'être fait dans cette voie, et l'on peut affirmer que nous sommes à peine à l'aurore d'une ère nouvelle de l'optique photographique.

M. Zenger a proposé, en effet, de suivre pour le calcul des objectifs une marche inverse de celle adoptée jusqu'ici. On prend habituellement (**1301**) comme données les constantes des verres, indices de réfraction et pouvoir dispersif : les inconnues sont les rayons de courbure. M. Zenger choisit, au contraire, les rayons de courbure et cherche par le calcul quels doivent être les pouvoirs dispersifs et réfringents des verres correspondants pour qu'il n'y ait pas trace d'aberration sphérique et chromatique, et que la courbure du champ visuel et l'astigmatisme soient réduits au minimum. Cette méthode ne paraît pas très simple au point de vue de l'exécution pratique des calculs ; il est cependant incontestable que son adoption rendrait plus précise encore la fabrication du verre d'optique.

Cette fabrication a considérablement progressé dans ces quatre dernières années, surtout en France; de là cette production de nouveaux types d'objectifs dont plusieurs sont vraiment originaux et font honneur aux constructeurs.

On a proposé de construire des objectifs en quartz parce que cette substance laisse passer les rayons chimiques arrêtés en grande partie par le verre. Claudet avait essayé cette construction; mais, comme l'a fait observer M. Wallon[1], on ne fait pas d'objectifs en quartz parce que l'on n'a pas trouvé de quartz de pouvoirs dispersifs

1. *Photo-Gazette*, 1894, p. 45.

assez différents pour constituer un objectif achromatique; par suite, au point de vue pratique, il ne paraît pas qu'il y ait lieu de se préoccuper de la construction de tels objectifs.

Landscape-Anastigmat 1/14,5

NUMÉROS	DISTANCE FOCALE équivalente	DIAMÈTRE des LENTILLES	SURFACE COUVERTE AVEC diaphr. *f*/14,5	SURFACE COUVERTE AVEC diaph. *f* 25.	DIAMÈTRE du CHAMP NET avec petits diaphr. Angle 75°.
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
1	200	16	9 × 12	13 × 18	30.7
2	250	18,5	13 × 18	16 × 21	38.4
3	320	25	16 × 21	18 × 24	49.1
4	385	31	18 × 24	20 × 26	59.1
5	450	36	20 × 26	24 × 30	69.1
6	530	42	24 × 30	26 × 34	81.3
7	660	51,5	26 × 34	30 × 40	101.3
8	775	61	30 × 40	35 × 45	118.9
9	900	71	35 × 45	40 × 50	138.1

§ 2. — OBJECTIFS SIMPLES.

1318. Objectifs à trois verres. — Plusieurs opticiens ont établi des séries d'anastigmats à trois verres qui, employés en place des anciens instruments à paysages, fournissent de très bons résultats. La première série qui ait paru est celle de Zeiss, mise en vente en 1894. Elle comporte neuf dimensions de lentilles sous le nom de série VI; chaque lentille possède un champ d'environ 85° et une ouverture relative de 1/14,5. Les formats de ces divers objectifs et les dimensions couvertes sont inscrites au tableau de ces anastigmats. Dans ces objectifs, le principe de correction anastigmatique est réalisé de la manière suivante : les deux éléments convergents sont

taillés dans des verres possédant l'un un indice de réfraction plus élevé, l'autre un indice de réfraction moins élevé que celui du verre dans lequel est taillé l'élément négatif intermédiaire; la correction anastigmatique des faisceaux obliques s'effectue sur les surfaces

Eurygraphes simples Berthiot.

NUMÉROS	DIAMÈTRE DES LENTILLES en millim.	LONGUEURS FOCALES en millim.	SURFACES COUVERTES en centimètres.	
			Diaphragme *f* 12,9.	Diaphragme *f*/25.
1	11	145	9 × 12	12 × 16
2	15	195	12 × 15	16 × 22
3	19	225	13 × 18	21 × 27
4	21	260	15 × 21	22 × 29
5	25	310	16 × 22	25 × 32
6	29	350	18 × 24	27 × 33
7	31	390	21 × 27	30 × 40
8	39	480	27 × 33	35 × 45
9	46	580	30 × 40	40 × 50
10	55	700	35 × 45	50 × 60
11	62	800	40 × 50	55 × 65
12	76	980	50 × 60	65 × 75
13	83	1080	60 × 70	70 × 80
14	85	1180	Diaphrag. *f* 13,8 65 × 75	85 ×100
15	92	1370	Diaphrag. *f* 14.8 70 × 80	90 ×100
16	105	1560	90 ×100	95 ×105
17	123	1880	100 ×110	120 ×140
18	146	2180	110 ×120	130 ×145

consécutives des éléments cimentés d'un seul système, l'astigmatisme est bien corrigé au point de vue pratique.

Les lentilles qui constituent les doubles anastigmats de Gœrz, Turillon, Roussel, Hermagis, Steinheil, Voigtlaender peuvent être employées comme objectifs simples en devissant la combinaison antérieure et fournissent de bons instruments à paysage.

M. Lacour, successeur de Berthiot, a récemment construit des eurygraphes anastigmatiques simples formés de trois verres collés que l'on peut employer comme objectifs à paysages; les matières qui composent ces instruments ont été fondues par Mantois. Ces lentilles sont peu épaisses, très perméables à la lumière et par suite très rapides; leur ouverture maxima est d'environ *f*/12.5. Dans ces objectifs, les pouvoirs réfringents et dispersifs des verres vont en augmentant graduellement de la lentille la plus rapprochée du dia-

Fig. 60.

phragme à celle qui en est le plus éloignée. Le verre biconvexe le plus éloigné du diaphragme possède une réfraction et une dispersion plus élevée que le biconcave; celui-ci présente sensiblement la même réfraction que le ménisque convergent placé contre le diaphragme, mais sa dispersion est plus élevée. Ces objectifs (*fig. 60*) forment l'une des plus belles séries qui existent actuellement; cette série comporte dix-huit numéros d'objectifs couvrant les dimensions inscrites dans le tableau. Employés deux à deux, ces objectifs simples, s'ils ont même foyer, forment des eurygraphes anastigmatiques symétriques; si les deux combinaisons ont des foyers différents on obtient un eurygraphe anastigmatique double.

1319. Objectifs à trois verres séparés. — Dans la construction des objectifs simples on utilise en général la condition de Clairault (**1302**), c'est-à-dire que l'on donne mêmes rayons de cour-

bures aux deux lentilles qui sont cimentées par le baume du Canada; mais l'on peut renoncer à cette condition pour une ou plusieurs lentilles : c'est ce qui a lieu dans l'objectif à portraits de Petzval, l'orthoscopique de Harisson (**I, 80**), le rectilinéaire simple de Dallmeyer (**I, 52**). MM. Taylor et Hobson, de Leicester et de Londres,

Fig. 61.

Fig. 62.

renoncent *complètement* à réaliser la condition de Clairaut. Ils établissent l'instrument, qu'ils désignent sous le nom d'objectif Cooke, avec trois verres collés isolés les uns des autres (*fig. 61*); le verre extérieur et le verre postérieur sont biconvexes, la lentille médiane est biconcave; les rayons de courbure sont très grands relativement au diamètre des lentilles; le diaphragme se place derrière la lentille

Objectifs Cooke *F*, 6.5

LONGUEUR FOCALE principale.	SURFACE COUVERTE AVEC	
	grand diaphragme.	petit diaphragme.
millimètres.	millimètres.	millimètres.
125	100 × 80	127 × 102
150	127 × 102	164 × 144
190	164 × 144	250 × 200

biconvexe. Cet objectif est exempt d'astigmatisme, de distorsion et de tache centrale; les images qu'il fournit sont très brillantes. Le centrage des lentilles est fait dans la monture même de la façon sui-

vante : chacune d'elles est prise dans un anneau relié au tube de monture par trois vis équidistantes ; en agissant sur ces vis on amène la lentille à la position exacte qu'elle doit occuper. Lorsque le centrage est parfaitement réalisé on coupe au ras du tube les vis qui se trouvent ainsi noyées dans la monture. Ce procédé de centrage est d'ailleurs employé pour centrer les condensateurs de microscope (**IV**, **879**) et bien d'autres appareils de précision. Les objectifs Cooke sont établis en deux séries : la première, désignée sous le nom de série III, admet une ouverture maxima de *f*/6,5 ; elle est réservée aux objectifs de distance focale relativement courte, comme le montre le tableau précédent.

Pour les dimensions plus grandes, l'ouverture maxima est *f*/8 ; les surfaces couvertes sont portées au tableau de la série *f*/8.

Objectifs Cooke *F*/8

LONGUEUR FOCALE principale.	SURFACE COUVERTE AVEC	
	grand diaphragme.	petit diaphragme.
millimètres.	millimètres.	millimètres.
227	202 × 127	250 × 300
275	215 × 164	380 × 300
330	250 × 202	432 × 380
404	300 × 250	457 × 404
457	380 × 300	608 × 506

Les objectifs de 125 et 150 millimètres de distance focale peuvent être montés dans un tube spécial (*fig. 62*) permettant une mise au point très précise et très rapide.

MM. Balbreck, de Paris, se sont rendus acquéreurs de la licence de fabrication de cet objectif pour la France.

1320. Nouvel objectif de M. Zeiss. — On sait que dans les objectifs astronomiques on ne cherche pas à réaliser la condition de

Clairaut et que les deux lentilles qui constituent cet objectif sont séparées par des lames d'air. Gauss a montré qu'avec deux lentilles on peut corriger l'aberration chromatique et l'aberration sphérique pour les rayons voisins de l'axe : il suffit d'associer un ménisque divergent convexe en crown et une lentille convexe-concave en flint. Les deux faces de ces lentilles qui sont en regard sont séparées par une lame d'air, le rayon de la lentille biconvexe étant plus grand que celui du ménisque. En choisissant convenablement les rayons de courbure on corrige l'aberration sphérique et celle de réfrangibilité; c'est ce que l'on a réalisé pour les nombreux objectifs astronomiques qui ont été construits, objectifs dans lesquels on a placé le crown tantôt en avant, tantôt en arrière. Les objectifs astronomiques ne sont pas destinés à embrasser un champ considérable, et l'influence de l'astigmatisme n'a pas une grande importance. Il n'en est plus de même en photographie : il faut tout d'abord corriger de l'astigmatisme l'objectif construit sur les données de Gauss, puis achromatiser cet objectif anastigmatique. Dans un objectif à grande ouverture on peut corriger l'astigmatisme en réglant convenablement la distance des lentilles ou leur épaisseur; mais alors il n'est pas possible de réaliser l'achromatisme à moins que la dispersion relative

$$\frac{\Delta n}{n-1}$$

du flint glass n'ait une valeur relativement grande, soit deux fois environ celle de la dispersion relative du flint glass; cette condition nécessiterait l'emploi d'un flint très lourd, inutilisable en photographie.

On peut tourner cette difficulté en modifiant la construction de l'objectif astronomique : au lieu de constituer chacune des lentilles qui le composent par un seul verre, on peut remplacer le flint ou le crown (ou l'un et l'autre) par un système composé d'un verre biconvexe cimenté avec un verre biconcave, les pouvoirs réfringents des deux verres étant égaux à peu de chose près, tandis que leur dispersion est différente.

Les deux verres ainsi collés forment une combinaison qui, sous le rapport de la réfraction (distance focale, éléments cardinaux, aberrations de sphéricité, etc.), est absolument identique à un élément simple d'égale courbure et épaisseur; mais il n'en est plus de même quant à l'ensemble des effets résultant de la dispersion : elle équi-

vaut à une lentille simple de même courbure et épaisseur construite en verre dont la dispersion relative diffère de celle des constituants. Nous pouvons considérer quatre cas; désignons par δ_1, δ_2 les dispersions relatives des verres, Δ celle de la combinaison :

1° La combinaison convergente comprend un élément positif formé d'une matière dont la dispersion $\delta_1 < \delta_2$;

2° La combinaison divergente comprend un élément négatif formé d'une matière dont la dispersion relative $\delta_1 < \delta_2$;

Dans ces deux cas, on a $\Delta < \delta_1$, et la combinaison est achromatique ou *partiellement achromatique*.

3° La combinaison divergente comprend un élément positif formé d'une matière pour laquelle $\delta_1 < \delta_2$;

4° La combinaison convergente comprend un élément négatif tel que $\delta_1 < \delta_2$;

Dans ces deux cas, la dispersion relative résultante de la lentille combinée est plus grande que celle du verre de plus grande dispersion relative dans les éléments; la combinaison est *hyperchromatique*.

La valeur de la dispersion relative résultante est fonction dans tous ces cas : 1° des valeurs de dispersion relative des verres employés pour les deux éléments; 2° du rapport des rayons de courbure ou des distances focales de ces éléments : par conséquent, si l'on se donne les rayons de courbure des faces extérieures, elle est fonction du rayon de courbure commun aux deux faces intérieures; on peut donc la déterminer numériquement dans chaque cas en utilisant les formules connues.

Il suit de là qu'en adoptant le type d'objectif astronomique calculé par Gauss, on peut établir entre les combinaisons qui le constituent tout rapport voulu de la dispersion sans que ces combinaisons (au point de vue de la réfraction et des aberrations de sphéricité qui l'accompagnent) diffèrent de simples lentilles de même courbure extérieure et de même épaisseur. On pourra donc déterminer à l'avance ces courbures et épaisseurs sans tenir compte du rapport des dispersions relatives des sortes de verres employés; on les choisira de manière à réduire au minimum l'aberration sphérique et l'astigmatisme. On détermine ensuite, par un choix convenable du rayon de courbure des faces qui doivent être cimentées, un rapport des dispersions relatives entre les deux combinaisons tel que les aberrations chromatiques soient annulées; on y parvient en choisissant des ver-

res ayant sensiblement même pouvoir réfringent et une dispersion relative peu différente.

Les nouvelles matières mises à la disposition des opticiens simplifient beaucoup la construction de ces nouveaux types d'objectifs. Il suffit de remplir à peu près la condition d'identité de pouvoir réfringent. En effet, de faibles différences dans l'indice de réfraction des verres qui constituent les combinaisons cimentées, même pour une grande courbure de la face intérieure de la lentille, n'ont sur les corrections qu'un effet relativement insignifiant; on peut, d'ailleurs, le déterminer par le calcul. Une petite différence dans la valeur du pouvoir réfringent, différence qui peut atteindre quelques unités de la troisième décimale, peut même présenter certains avantages; on peut, à l'aide de cette différence, corriger plus complètement l'aberration de sphéricité.

On ne changerait en rien le principe sur lequel est basée la construction de ce nouveau type d'objectif si, au lieu d'air séparant les deux éléments, on se servait d'une autre substance, à condition que cet intermédiaire ait un indice de réfraction très petit en comparaison des indices des sortes de verres employés.

Cet objectif possède encore une certaine aberration de sphéricité; on la corrige en plaçant un diaphragme d'ouverture maxima *f*/9 à une petite distance de la lentille antérieure. Comme dans tous les objectifs simples, la distorsion est appréciable; on évite ce défaut en utilisant ces lentilles simples à la construction d'objectifs doubles composés de lentilles combinées, symétriquement placées par rapport à un diaphragme médian. Dans la pratique, il suffit d'employer des combinaisons constituées par trois verres.

Voici les données relatives à ce nouvel objectif simple; ces données sont extraites du Mémoire descriptif du brevet du 7 décembre 1896 pris par la Société Carl Zeiss, à Iéna :

Nous désignerons par R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 les rayons de courbures des lentilles L_1, L_2, L_3; les épaisseurs moyennes des lentilles sont d_1, d_2, d_3; d_0 indique la distance qui sépare la lentille L_1 de la lentille L_2; b représente l'écartement du diaphragme. La distance focale de l'objectif est prise pour unité.

Les indices de réfraction s'appliquent à la ligne D du spectre solaire et à la ligne Hγ du spectre de l'hydrogène. La dispersion relative $\frac{\Delta n}{n-1}$ pour chaque sorte de verre a été calculée en prenant pour Δn l'intervalle de D à Hγ; l'indice de réfraction n est calculé pour la raie D.

Cet objectif simple, corrigé des aberrations sphériques, astigmatiques et

chromatiques se compose de deux éléments séparés par une lame d'air. La lentille la plus rapprochée du diaphragme est un verre simple L_1 divergent; la lentille convergente est formée d'un verre divergent L_2 cimentée à un verre convergent L_3; les verres employés pour L_2 et L_3 ont à peu près le même indice de réfraction, mais le verre employé pour L_2 a une plus grande dispersion relative.

Distance focale..... 1,000
Diamètre des lentilles..... 0,111

Rayons de courbure.	Épaisseurs et distances.
$R_1 = -0{,}1164$	$d_1 = 0{,}0320$
$R_2 = -0{,}2215$	$d_2 = 0{,}0172$
$R_3 = -1{,}6097$	$d_3 = 0{,}0222$
$R_4 = +0{,}2708$	$d_0 = 0{,}0086$
$R_5 = -0{,}1760$	$b = 0{,}0197$

VERRES.

n_D	$n_{H\gamma}$	$\frac{\Delta_n}{n-1}$
$L_1 = 1{,}57210$	1,58997	0,03124
$L_2 = 1{,}51158$	1,52344	0,02318
$L_3 = 1{,}51111$	1,52127	0,01988

1321. Objectifs à quatre verres. — On sait que Petzval a montré le premier les avantages que l'on peut retirer, au point de vue de la correction de l'astigmatisme, de la combinaison de deux verres dont le plus réfringent est en même temps le moins dispersif. On a désigné sous le nom de combinaisons « anormales », de couples « anormals », les systèmes optiques ainsi obtenus, par opposition aux anciennes combinaisons formées avec les verres ordinaires, dont le pouvoir dispersif et la réfringence varient toujours dans le même sens. Les combinaisons anormales employées seules se prêtent mal à la correction des aberrations sphériques, et pour réaliser cette correction en même temps que les autres, le Dr Rudolph a associé un couple normal et un couple anormal, ce dernier corrigeant l'astigmatisme, tandis que le premier était chargé d'obtenir l'aplanétisme. Des combinaisons de ce genre constituent les anastigmats. Les antiplanats de Steinheil, les eurygraphes Berthiot, le planigraphe Darlot, etc., sont construits sur ce principe de Petzval utilisé pour la construction des premiers anastigmats en 1890. Plus tard, en novembre et décembre 1891, le Dr Rudolph constitua un objectif à trois lentilles formé d'un crown compris entre deux flints, tous deux plus réfringents que le crown, mais dont l'un était de pouvoir dispersif

plus grand, l'autre de pouvoir dispersif moindre. L'objectif simple

Landscape-Anastigmat Zeiss *F*/12,5

NUMÉROS	DISTANCE FOCALE équivalente	DIAMÈTRE de L'OBJECTIF	SURFACE NETTEMENT COUVERTE AVEC		DIAMÈTRE DU CHAMP pour 75°.
			Diaphr. *f* 12.5.	Diaphr. *f*/25.	
	millimètres	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
1	183	16	12 × 15	16 × 21	28.1
2	224	19.5	13 × 18	21 × 27	34.4
3	285	25	16 × 21	24 × 30	43.7
4	350	31	21 × 27	29 × 34	53.7
5	412	36	24 × 30	30 × 40	63.2
6	480	42	29 × 34	34 × 39	73.7
7	590	51	30 × 40	40 × 50	90.5
8	690	61	34 × 39	50 × 60	105.9
9	815	71	39 × 47	55 × 65	125.1
10	920	82	40 × 50	60 × 70	141.2
11	1050	94	47 × 57	70 × 80	161.1

ainsi obtenu (**1318**) constitue un système intermédiaire entre le type normal et le type anormal, car le verre du milieu forme avec celui

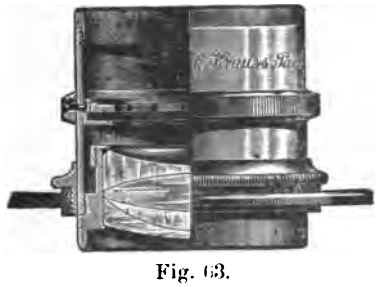


Fig. 63.

qui le précède un système normal et avec celui qui le suit un sys-

tème anormal. Enfin, en 1894, le Dr Rudolph a réuni dans une même combinaison à quatre verres cimentés un couple normal et un couple anormal, tous deux complets. L'excellent objectif simple ainsi réalisé réunit de façon réelle tous les éléments nécessaires à une bonne correction de l'aberration sphérique et de l'astigmatisme. Ces instruments (*fig. 63*) constituent la série VII de Zeiss, dont les divers numéros sont inscrits au tableau des landscope-anastigmats; employés deux à deux, ils constituent la série VII^a, comprenant les trousses anastigmatiques et les anastigmats symétriques 1 : 6,3 Tous ces objectifs sont absolument remarquables.

1321 *bis*. Objectifs simples à cinq verres. — M. Gundlach, de Rochester, a fait connaître une combinaison de cinq lentilles cimentées au baume, et dans laquelle un crown d'indice 1,52 constitue à lui seul trois des éléments. Chaque combinaison de ces cinq lentilles est pratiquement exempte des aberrations de sphéricité, de réfrangibilité et d'astigmatisme; elle peut être employée à la façon des objectifs simples à paysage. En associant deux à deux ces quintuples lentilles, on obtient un objectif double symétrique[1].

La construction de cet objectif semble assez compliquée, et c'est probablement la cause qui fait que son emploi ne s'est pas généralisé.

§ 3. — Objectifs grands angulaires.

Nous désignons sous le nom d'objectifs *grands angulaires* les instruments qui embrassent un angle supérieur à 60° et dont l'ouverture maxima est inférieure ou égale à *f*/10. Il existe des objectifs dont l'ouverture est plus grande que *f*/10 et qui embrassent un angle supérieur à 60° : ils constituent les instruments que nous désignerons sous le nom d'objectifs à *grande ouverture*.

Nous distinguerons deux catégories d'objectifs grands angulaires : les uns destinés à l'obtention des paysages, monuments, etc.; les autres spécialement réservés aux reproductions de traits, plans, cartes, etc.

1322. Objectifs grands angulaires à paysages. — M. Lacour, successeur de Berthiot, a construit sous le nom de *périgraphes* (A, **1054**) des objectifs embrassant un angle considérable qui atteint

1. *Photo-Gazette*, 1895.

105° ; l'emploi des nouveaux verres français lui a récemment permis de corriger complètement l'astigmatisme et d'accroître le champ de netteté. Cet objectif se construit en huit dimensions, depuis 7.5 centi-

Perigraphes extra-rapides Berthiot.

NUMÉROS	DIAMÈTRE	LONGUEURS FOCALES	SURFACES COUVERTES	
			Petits diaphragmes. Paysages, monuments.	Petits diaphragmes. Intérieurs, reproductions
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.
1	16	75	9 × 12	12 × 15
2	20	97	13 × 18	15 × 21
3	25	118	18 × 24	21 × 27
4	27	144	24 × 30	27 × 33
5	29	190	30 × 40	35 × 45
6	34	250	35 × 45	40 × 50
7	38	310	40 × 50	50 × 60
8	42	370	50 × 60	60 × 70

mètres jusqu'à 42 centimètres de foyer. L'objectif de 7,5 centimètres de foyer est un objectif des plus précieux pour l'obtention d'épreuves

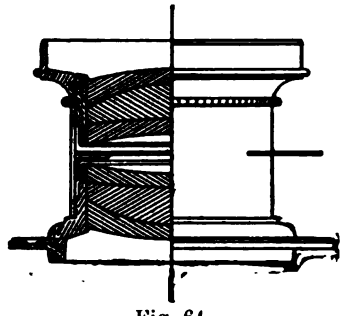


Fig. 64.

stéréoscopiques d'intérieurs, monuments, etc. Les périgraphes extra-rapides sont construits dans les dimensions inscrites au tableau.

M. R. Koch construit sous le nom de *Mégalogone* un grand angulaire assez lumineux qui, comme le périgraphe, peut être employé à la reproduction des cartes, plans, etc. Les dimensions d'objectifs et surfaces couvertes sont indiquées dans le tableau suivant :

Mégalogone de Koch.

NUMÉROS	DISTANCE FOCALE principale.	DIAMÈTRE des LENTILLES	SURFACES COUVERTES	
			à F/18.	à F/36.
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.
1	98	8	10 × 13	13 × 18
2	138	12	13 × 18	16 × 21
3	190	15	18 × 24	21 × 27
4	200	17,5	21 × 27	24 × 30
5	270	21	24 × 30	26 × 35
6	320	24	26 × 35	30 × 40
7	465	26	30 × 40	30 × 40
8	635	35	40 × 50	40 × 50
9	950	54	50 × 60	50 × 60

M. Steinheil a modifié la construction de ses aplanats grands angulaires et a remplacé les deux combinaisons (I, **62**, **63**) de lentilles doubles par des combinaisons de lentilles triples (*fig. 64*) : les corrections sont mieux établies. Il n'y a rien de modifié aux autres données des objectifs (distance focale, surface couverte, etc.).

Le même opticien a modifié la formule de ses périscopes (I, **53**) et a appliqué ces objectifs à la construction des chambres à main. L'emploi de ces périscopes est avantageux, bien que l'objectif ait un foyer chimique. La différence de mise au point qui résulterait de ce foyer chimique est éliminée par un réglage préalable de l'appareil. Ces objectifs, exécutés pour couvrir des plaques de petites dimensions (jusqu'au 13 × 18), admettent une ouverture de *f*/12 à

f/15 et embrassent avec ce diaphragme un angle de 60°; avec de petits diaphragmes, l'angle atteint 90°. La perte de lumière par absorption est très faible dans ces objectifs composés de deux verres simples, ce qui permet d'obtenir un objectif d'un prix de revient très minime absolument exempt de distorsion. Les formats suivants sont les plus employés :

Periscopes de Steinheil.

NUMÉROS	DIAMÈTRE des LENTILLES	LONGUEUR FOCALE	SURFACES COUVERTES.	
			Avec grands diaphr.	Avec petits diaphr.
	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
1	13	9	6 × 9	10 × 14
2	16	12	9 × 12	15 × 21
3	25	18	13 × 18	24 × 30

Des instruments du même genre sont construits par G. Rodenstok, à Munich, et sont mis en vente sous le nom de *Bistigmats*. Ils se divisent en deux catégories : les uns, désignés sous le nom de

Fig. 65.

Bistigmats universels (*fig.* 65), sont destinés à l'obtention de groupes, monuments, etc.; le constructeur livre ces objectifs en quatre grandeurs; chaque objectif peut être muni d'un obturateur instantané.

Bistigmats universels.

NUMÉROS	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE principale.	SURFACE COUVERTE.
	millimètres.	centimètres.	centimètres.
1	27	14	9 × 12
2	34	21	13 × 18
3	43	28	18 × 24
4	50	33	24 × 30

Le *bistigmat grand angulaire* embrasse un angle assez grand : il est employé pour les photographies d'intérieurs, monuments, etc. Les quatre dimensions les plus utilisées sont inscrites dans le tableau suivant :

Bistigmat grand-angulaire.

NUMÉROS	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE principale.	SURFACE COUVERTE
	millimètres.	centimètres.	centimètres.
1	20	9	9 × 12
2	26	12,5	13 × 18
3	30	17	18 × 24
4	36	24	24 × 30

1323. Objectifs grands angulaires pour reproduction. — Parmi les objectifs les plus remarquables destinés à obtenir les négatifs de cartes, plans, etc., il convient de citer le *double anastigmat* de Goerz, F/11, l'orthostigmat de Steinheil 1 : 10, le collinéaire de Voigtlaender.

L'orthostigmat de Stheinheil (*fig. 66*) consiste en deux lentilles triples, de même foyer et symétriquement placées par rapport au diaphragme : les deux points nodaux coïncident avec le centre optique de l'objectif. Le champ de l'appareil est très plat, les aberrations

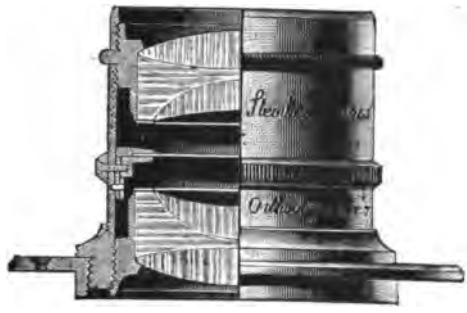


Fig. 66.

sphériques, chromatiques et astigmatiques, fort bien corrigées. Cet instrument peut remplacer l'aplanat grand angulaire du même constructeur; il est supérieur à ce dernier objectif à cause de sa rapidité plus grande et de l'étendue angulaire d'image nette plus considérable; enfin, il est assez lumineux (F/10) pour être employé avantageusement à l'obtention de groupes, portraits, instantanés, paysages, etc. M. Steinheil livre cet objectif dans les quatre grandeurs suivantes.

Orthostigmat *F*/10

NUMÉROS	LONGUEUR FOCALE	OUVERTURE	SURFACES NETTEMENT COUVERTES		
			Reproductions en grandeur naturelle. Diaphragme : $f/40$—$f/56$	Groupes. Diaphragme : f 10	Paysages, etc. Diaphragme : $f/40$—$f/56$
	centimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
5	30	40	40 × 50	24 × 30	26 × 34
6	40	48	50 × 60	30 × 40	35 × 45
7	50	58	60 × 80	38 × 45	45 × 55
8	60	70	70 × 90	45 × 55	50 × 60

En dévissant la lentille antérieure on obtient un objectif simple dont la distance focale est sensiblement le double de celle que présente l'ensemble de la combinaison : cet objectif peut être employé comme instrument à paysages.

Les orthostigmats offrent un double avantage sur les anciens apla-

Fig. 67.

Fig. 68.

nats grand angle pour reproduction : leur grande clarté permet, en effet, de réduire considérablement le temps de pose, et c'est là une condition très avantageuse lorsque l'on exécute des négatifs tramés

Fig. 69.

destinés à fournir des clichés typographiques. De plus, le grand angle embrassé par ces objectifs permet l'emploi d'instruments d'une moindre longueur focale, ce qui entraîne une diminution du tirage

de la chambre noire et de la distance de l'objet; enfin, le prix de ces instruments est inférieur à celui des anciens appareils.

Le double anastigmat de Gœrz F/11 a été calculé spécialement pour photographier en grandeur naturelle (*fig. 67* et *68*) : il donne un champ net circulaire dont le diamètre est plus grand que le double de la longueur focale. Cet objectif peut servir aussi à obtenir des paysages, épreuves instantanées, car la courbure du champ est très faible; l'astigmatisme est complètement corrigé et à toute ouverture F/11 l'image nette correspond à un angle de 75°, de telle sorte que l'on peut obtenir des images instantanées à grand angle; avec de petits diaphragmes, l'angle sous-tendu par la diagonale de la plaque nettement couverte dépasse 90°. On trouve dans le tableau suivant

Double Anastigmat *F*/11

NUMÉROS	FOYER	OUVERTURE	PLAQUE NORMALE pour reproductions diaphragmées de F : 15 à F : 22		FORMAT DES PLAQUES	
			en grandeur naturelle.	pour réduction.	pour groupes avec diaphragmes F : 11.	pour paysages avec petits diaphragmes.
	millimètr.	millimètr.	centimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
6	300	28	40 × 50	24 × 30	24 × 30	40 × 50
7	360	34	50 × 60	30 × 40	30 × 40	50 × 60
8	480	45	70 × 80	40 × 50	40 × 50	70 × 80
9	600	56	90 × 100	50 × 60	50 × 60	90 × 100
10	750	70	100 × 120	60 × 70	60 × 70	100 × 120
11	900	84	120 × 150	70 × 80	70 × 80	120 × 150
12	1200	110	150 × 200	90 × 100	90 × 100	150 × 200

les formats couverts avec une grande égalité de lumière et la netteté absolue demandée pour les reproductions de traits; si cette netteté absolue ne semble pas nécessaire, on peut obtenir le même format avec un grand diaphragme. Ces objectifs comportent six lentilles (*fig. 69*).

Le collinéaire *f*/12,5 de Voigtlaender se distingue des instruments précédents par la petite dimension des lentilles employées eu égard

à la longueur focale. Le principe sur lequel est basée la construction de cet objectif est au fond le même : il est composé de deux objectifs simples formés de trois verres cimentés, comme dans les types

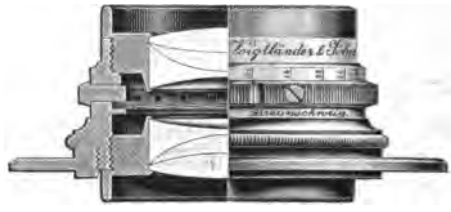


Fig. 70.

précédents (*fig. 70*) ; mais dans le collinéaire il y a une petite modification : le changement a consisté à retourner dans chacune des

Collinéaire *F*/12,5

NUMÉROS	LONGUEUR FOCALE	DIAMÈTRE des LENTILLES	SURFACE COUVERTE à toute ouverture. 1 : 12,5	SURFACE COUVERTE avec diaphragme. 1 : 36
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.
1	100	8	9 × 12	12 × 16
2	120	10	12 × 16	13 × 18
3	150	12	13 × 18	16 × 21
4	200	16	18 × 24	24 × 30
5	260	21	24 × 30	27 × 35
6	320	26	27 × 35	30 × 40
7	440	35,5	30 × 40	40 × 50
8	600	48,5	40 × 50	50 × 60
9	800	62,5	50 × 60	60 × 70
10	1000	80	60 × 70	70 × 80

combinaisons à trois verres un groupe de deux lentilles. La clarté est inférieure à celle des objectifs précédemment décrits; mais les lentilles étant de dimensions restreintes, l'emploi des prismes ou des miroirs pour le retournement des images est grandement facilité. Le collinéaire à grand angle est construit dans les dimensions inscrites au tableau précédent.

1323 ***bis.*** **Apochromatiques symétriques** — M. Zenger, professeur à l'Université de Prague, a annoncé la construction de nouveaux objectifs *apochromatiques symétriques*[1] qui imiteraient la construction de l'œil humain. Ces objectifs corrigeraient à la fois l'achromatisme pour la longueur entière du spectre, l'astigmatisme à un haut degré, et réduiraient l'aberration sphérique à la valeur minima d'une seconde d'arc, pour une ouverture de F/30. L'objectif comprendrait une lentille plan convexe en crown au phosphate et une plan convexe en crown au borate, ces deux verres ayant des indices de réfraction et des pouvoirs dispersifs très peu différents.

Ces nouveaux objectifs ne paraissent pas être sortis de la période des études; il en est de même des objectifs calculés par M. Zenger, dans lequel il prend comme données les rayons de courbure et cherche par le calcul quels doivent être les constantes caractéristiques des verres qui satisfont aux corrections demandées.

§ 4. — Objectifs a grande ouverture.

1324. Objectifs à portraits. — M. Voigtlaender a créé un nouvel objectif à portraits possédant les bonnes qualités de l'ancien

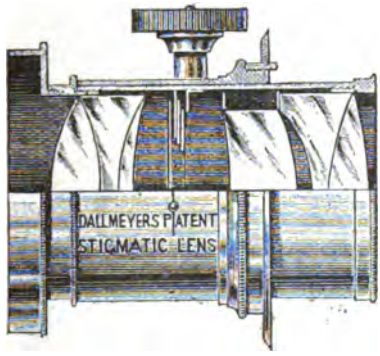


Fig. 71.

objectif Petzval et surpassant ce dernier par une luminosité extraordinaire. D'après le Dr Miethe, l'ouverture de cet objectif est F/2,

1. *Comptes rendus*, 1894.

soit 210 millimètres de longueur focale pour un diamètre de 105 millimètres. La rapidité de cet objectif est donc quatre fois plus grande que celle des anciens instruments travaillant à *f*/4.

Le stigmatique de M. Dallmeyer possède une ouverture de *f*/4, est absolument exempt d'aberration sphérique; il donne un champ d'image très homogène. La courbure du champ est des plus faibles et ne présente que de légères traces d'astigmatisme résiduel. Il couvre

Stigmatic *F*/4

NUMÉROS	DIAMÈTRE des LENTILLES	FOYER	SURFACES COUVERTES
	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	40	139	82 × 108
2	51	171	102 × 127
3	57	208	161 × 121
4	80	270	215 × 164

un angle de 60° avec un éclairement uniforme du champ, et convient parfaitement aux opérations rapides à l'intérieur.

L'instrument est formé (*fig. 71*) de deux combinaisons : celle qui est placée en avant est constituée par une lentille triple, les trois verres étant collés; en arrière, après le diaphragme, se trouve un verre simple formant un ménisque convergent épais. A une petite distance de ce dernier est placée une combinaison de deux verres : on peut faire varier la distance qui sépare le ménisque convergent de cette dernière combinaison. Ce dispositif, adopté dans les séries d'objectifs A, B, D, de Dallmeyer (**I, 69**), permet d'altérer la correction sphérique. Le défaut d'aplanétisme produit une augmentation apparente de la profondeur au détriment de la netteté générale et de la vigueur de l'image; mais l'aspect de l'épreuve est en somme plus agréable : celle-ci ne présente pas ces différences, souvent inadmissibles, de parties absolument nettes à côté des plages complètement floues.

Les dimensions couvertes par les divers numéros de ces objectifs sont indiquées dans le tableau suivant.

Une nouvelle série d'objectifs du même système, mais présentant

Anastigmat *F*/9

NUMÉROS	DISTANCE FOCALE équivalente	DIAMÈTRE des LENTILLES	SURFACE COUVERTE AVEC		DIAMÈTRE de L'IMAGE NETTE pour petits diaphr. Angle 90°.
			diaphr. *f*/9.	diaphr. *f*/12 5	
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
0	75	10 5	6 × 6	6 × 8	15.0
00	95	13	8 × 8	8 × 10	19.0
1	120	16	8 × 10	9 × 12	24.0
2	150	19.5	9 × 12	12 × 15	30.0
3	172	22.5	12 × 15	13 × 18	34.4
4	196	25	13 × 18	13 × 21	39.2
5	230	31	13 × 21	16 × 21	46.0
6	272	36	16 × 21	18 × 24	54.4
7	317	42	18 × 24	21 × 27	63.4
8	407	51.5	21 × 27	24 × 30	81.4
9	505	61	24 × 30	27 × 34	101.0
10	600	71	27 × 34	30 × 40	120.0
11	690	82	30 × 40	34 × 45	138.0
12	820	94	34 × 45	40 × 50	164.0

une ouverture de F/6, vient d'être terminée récemment. Ce nouveau type rentre plutôt dans la catégorie des objectifs universels que dans celles des objectifs à portraits.

1325. Objectifs combinés à quatre verres. — Parmi les

objectifs comprenant quatre lentilles et donnant à la fois un champ plan et exempt d'astigmatisme, il convient de citer les anastigmats Zeiss, série 1/7,2 et 1/9. Les anastigmats de la série 1/7,2 sont remarquablement corrigés de l'aberration sphérique; ils ont un champ d'image d'environ 85°. Ceux de la série 1/9 sont exempts d'astigma-

Fig. 72.

tisme; leur champ d'image, qui est d'environ 97°, fait qu'on peut les considérer comme objectifs grands angulaires en même temps que leur grande ouverture permet de les employer pour les instantanés.

Les anastigmats de la série 1/12,5 (*fig. 72*) ont un champ encore plus étendu (100° environ pour les petits modèles), et leur rapidité est encore suffisante pour la plupart des instantanés en plein air. Les objectifs de foyer plus long sont utilisés avec avantage pour les reproductions de gravures.

Les rectilinéaires extra-rapides de Dallmeyer sont analogues aux euryscopes de Voigtlaender (**A 1060**).

1326. Objectifs combinés à cinq verres. — L'anastigmat 1/8 de Zeiss, dont les objectifs constituent la série II^a, est un instrument

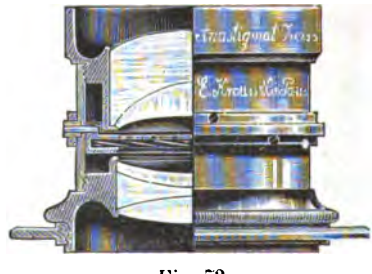


Fig. 73.

composé, à l'arrière, d'une lentille anormale à trois verres, et, à l'avant, d'une lentille normale à deux verres (*fig. 73*). Les points

nodaux, très peu écartés, sont placés un peu en avant du diaphragme; la surface focale est très plane, l'aberration sphérique est bien corrigée, et ces instruments couvrent nettement les dimensions de plaque pour laquelle ils sont annoncés, d'après le tableau suivant :

Anastigmat *F*/8

NUMÉROS	DISTANCE FOCALE équivalente	DIAMÈTRE des LENTILLES	SURFACE COUVERTE AVEC		DIAMÈTRE DE L'IMAGE angle 72°.
			diaphr. *f*/8.	diaphr. *f*/12,5	
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
0	90	13,5	4,5 × 6	6 × 8	13.8
1	110	16	6 × 7	9 × 12	16.9
2	136	19.5	9 × 12	12 × 15	20.9
3	167	25	12 × 15	13 × 18	25.6
4	205	31	13 × 18	16 × 21	31.5
5	244	36	13 × 21	18 × 24	37.4
6	295	42	18 × 24	24 × 30	45.3
7	350	51.5	21 × 27	26 × 34	53.7
8	433	61	24 × 30	33 × 44	66.5

Cet objectif donne des images remarquablement brillantes et très

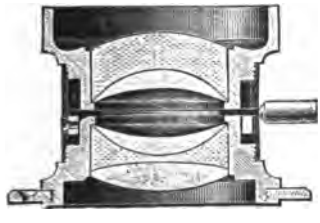


Fig. 74.

fines; avec une ouverture de F/25, l'angle nettement couvert est voisin de 75°.

Le *planigraphe* de M. Turillon est un instrument du même genre (*fig. 74*). Cet objectif donne des images très nettes avec un champ remarquablement plat; l'éclairage est très homogène, même à toute ouverture. Avec un diaphragme de dimension moyenne, le champ nettement couvert est considérable; c'est ainsi qu'un objectif de 18 centimètres de foyer peut couvrir la plaque 18 × 24. Ces objectifs sont construits dans les dimensions suivantes et livrés avec obturateur (*fig. 75*) :

Planigraphe.

NUMÉROS	DIAMÈTRE des LENTILLES	FOYER	DIMENSIONS COUVERTES à F. 1 : 9
	millimètres.	centimètres.	centimètres.
0	15	10	8 × 9
1	20	12,5	9 × 12
2	24	17,5	13 × 18
3	28	20	15 × 21
4	32	23	18 × 24
5	36	26	21 × 27
6	40	29	24 × 30
7	44	32	27 × 33

Le stigmatique *f*/6 de la série II de Dallmeyer est remarquablement corrigé des diverses aberrations; les dimensions indiquées au tableau ci-dessous sont des dimensions minima et, en réalité, l'objectif peut servir pour la dimension immédiatement supérieure à celle qui est portée au tableau.

Cet instrument constitue à lui seul une véritable trousse. En effet, la lentille antérieure possède une distance focale qui est d'une fois et demie plus grande que la distance focale de la combinaison. La lentille postérieure a un foyer deux fois plus long que la combinaison totale. Avec un même diaphragme, les temps de pose néces-

saires pour la combinaison des deux lentilles, la lentille antérieure

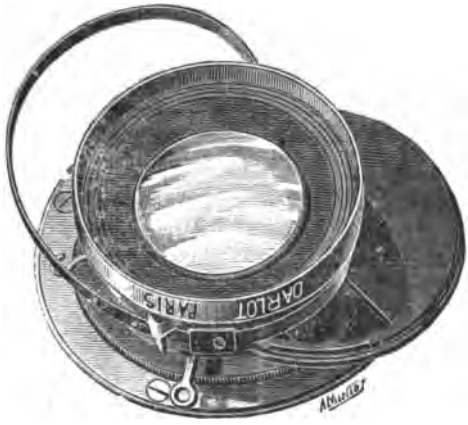


Fig. 75.

et la combinaison postérieure, varient comme la suite des nombres

Stigmatic *F*/6

NUMÉROS	DIAMÈTRE des LENTILLES	DISTANCE FOCALE principale.	SURFACE COUVERTE	
			à toute ouverture.	avec diaphragme *f*/16.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.	millimètres.
1	20,0	120,0	82 × 82	165 × 120
2	22,5	134,5	108 × 82	203 × 127
3	27,5	162,3	127 × 102	216 × 165
4	32,5	192,8	165 × 120	254 × 203
5	40,0	228,6	203 × 127	305 × 254
6	48,3	271,6	216 × 165	380 × 305
7	55,8	322,4	254 × 203	380 × 380
8	65,8	383,4	305 × 254	457 × 406
9	77,7	457,0	380 × 305	558 × 508

impairs 1, 3, 5. Avec ces lentilles simples on emploiera le plus souvent les diaphragmes *f*/8 à *f*/11 qui donnent avec chacune des combinaisons une netteté très suffisante.

Cet objectif, comme l'indique la coupe (*fig. 76*), est formé d'une

Fig. 76.

combinaison antérieure à deux verres et d'une combinaison postérieure à trois verres; le ménisque divergent qui est en regard du verre dépoli est d'une très faible épaisseur; il est séparé des deux autres lentilles par une lame d'air très mince. Les résultats fournis par ces instruments sont de tous points remarquables et permettent de les classer parmi les meilleurs des objectifs universels destinés à tous les travaux : ils donnent des images très nettes, très brillantes, absolument exemptes de distorsion.

1327. Le planar. — En combinant deux objectifs du système Gauss (**1320**), M. Zeiss vient d'établir un objectif symétrique, d'ouverture relative *f*/4, qui est corrigé des aberrations sphériques, chromatiques et astigmatiques. Nous n'avons pu jusqu'à présent essayer cet objectif; voici les données qui accompagnent la demande de brevet :

L'instrument est symétrique par rapport au plan du diaphragme. Chacun des deux objectifs qui le constituent est composé de deux éléments séparés par de l'air : l'un, l'élément L_3, le plus éloigné du diaphragme, est un simple ménisque convergent; l'autre, l'élément négatif, est formé d'une lentille biconvexe L_2, cimentée à une lentille L_1 qui est la plus rapprochée du diaphragme. Les deux lentilles L_1 et L_2 ont à peu près le même indice de réfraction, mais L_1 possède la plus grande dispersion relative.

Distance focale = 1.
Ouverture relative maxima = 0,25.

Rayons.	Épaisseurs et distances.
$r_1 = -r'_1 = -0{,}1954$	$d_1 = 0{,}0111$
$r_2 = -r'_2 = +0{,}4370$	$d_2 = 0{,}0514$
$r_3 = -r'_3 = -0{,}3599$	$d_3 = 0{,}0308$
$r_4 = -r'_4 = -1{,}5424$	$d_0 = 0{,}0026$
$r_5 = -r'_5 = -0{,}3147$	$b = 0{,}0514$

d_1, d_2, d_3 sont les épaisseurs des lentilles; d_0 est l'épaisseur de la lame d'air; b est la distance de la lentille au diaphragme.

1328. Eurygraphes de Lacour. — L'eurygraphe extra-rapide de Lacour, modèle 1894, est formé d'une combinaison anormale placée à l'avant (*fig.* 77) et d'une combinaison normale disposée à l'arrière,

Fig. 77.

le diaphragme se plaçant entre les deux; les points nodaux, écartés de quelques millimètres, sont placés en avant du diaphragme. L'ouverture de cet objectif est annoncée comme étant *f*/7; elle est en réalité *f*/5,7, si l'on tient compte de la valeur relativement très élevée (1,25) du coefficient d'ouverture utile. La surface focale de cet objectif est remarquablement plane. Des quatre matières employées pour sa construction, trois sont des verres d'Iéna, la quatrième est le crown à la baryte fabriqué par M. Mantois. C'est un très bon type d'objectif que nous employons fréquemment. Un essai fait avec un objectif de 214 millimètres de distance focale, avec une ouverture utile de *f*/7,6, a montré, à l'Institut photographique de Vienne[1], qu'avec cette ou-

1. *Phot. Correspondenz*, juillet 1896.

verture la plaque 13 × 18 est nettement couverte; avec le plus petit diaphragme, l'angle de champ est de 93°, et l'astigmatisme est corrigé pour les régions marginales de l'image : la plaque 24 × 30 est donc nettement couverte.

Dans ces derniers temps, M. Lacour a abandonné ce mode de construction pour adopter un type nouveau formé par la combinaison de deux objectifs simples à trois verres du type eurygraphe anastigmatique (**1318**). Dans ces objectifs, contrairement aux dispositions adoptées dans les anastigmats allemands, les indices de réfraction et les pouvoirs dispersifs des verres, constituant chacune des combinaisons, varient dans le même sens, mais de façon très inégale. Toutes

Fig. 78.

Fig. 79.

les matières employées à la construction de ces objectifs sont exclusivement françaises et proviennent de la verrerie Mantois.

M. Lacour a établi deux séries d'eurygraphes anastigmatiques doubles : l'une est constituée par les objectifs symétriques (*fig. 78*) et comprend dix-huit objectifs dont les longueurs focales varient de 0m075 à 1m10, et les ouvertures de *f*/6,8 à *f*/8.

La seconde série d'eurygraphes anastigmatiques doubles est formée de deux objectifs simples à trois verres de longueur focale différente (*fig. 79*); les ouvertures de ces objectifs varient de *f*/7,2 à *f*/8,5. Avec les eurygraphes simples (**1318**) employés deux à deux, on peut obtenir un très grand nombre de combinaisons; il est bon cependant de n'utiliser que des lentilles présentant des longueurs focales peu différentes, de telle sorte qu'en réalité en combinant ces lentilles de foyers différents deux à deux on obtient un très grand nombre d'objectifs dont les foyers sont distincts de ceux fournis par les dix-huit anastigmats symétriques. Nous avons formé un tableau qui en comporte plus de trente, soit en tout plus de cinquante distances focales distinctes constituant la plus belle série d'anastigmats qui existe.

Eurygraphes anastigmatiques doubles.

NUMÉROS	Constitué par les lentilles de foyer		FOYER PRINCIPAL	OUVERTURE RELATIVE maxima.	SURFACE COUVERTE	
	Avant.	Arrière.			à pleine ouverture.	diaphragme $f/25$.
	millimètres.	millimètres.	millimètres.		centimètres.	centimètres.
1	145	145	75	$f/6,8$	6 × 6	8 × 10
2	195	145	85	$f/7,2$	7 × 7	8 × 11
3	225	145	88	$f/7,5$	7 × 7	9 × 12
4	195	195	100	$f/6,8$	8 × 9	10 × 13
5	225	225	120	$f/6,8$	9 × 12	12 × 16
6	260	260	135	$f/6,8$	10 × 14	13 × 18
7	390	225	145	$f/8,5$	11 × 15	14 × 20
8	350	260	150	$f/7,2$	12 × 15	15 × 21
9	310	310	160	$f/6,8$	12 × 16	15 × 21
10	390	310	180	$f/7,5$	13 × 18	18 × 24
11	480	310	195	$f/8,0$	14 × 20	20 × 24
12	390	390	205	$f/6,8$	15 × 21	21 × 27
13	480	350	210	$f/7,5$	15 × 21	21 × 27
14	480	390	220	$f/7,2$	16 × 22	22 × 28
15	580	390	235	$f/7,5$	18 × 24	24 × 30
16	480	480	250	$f/6,8$	18 × 24	27 × 33
17	800	390	265	$f/8,5$	20 × 25	27 × 33
18	580	480	270	$f/7,2$	20 × 25	27 × 33
19	700	480	295	$f/7,5$	20 × 26	27 × 35
20	580	580	300	$f/6,8$	21 × 27	30 × 40
21	700	580	330	$f/7,5$	21 × 27	30 × 40
22	800	580	350	$f/7,5$	24 × 30	35 × 40
23	700	700	360	$f/6,8$	25 × 30	35 × 45
24	800	700	380	$f/7,2$	25 × 32	35 × 45
25	1080	580	385	$f/8,5$	25 × 32	40 × 45
26	800	800	415	$f/6,8$	27 × 33	40 × 50
27	980	700	420	$f/7,5$	27 × 33	40 × 50
28	980	800	450	$f/7,2$	30 × 35	40 × 50
29	1080	800	470	$f/7,5$	30 × 40	45 × 55
30	1180	800	485	$f/8,0$	30 × 40	45 × 55
31	980	980	500	$f/6,8$	30 × 40	50 × 60
32	1370	800	515	$f/8,5$	33 × 40	45 × 55
33	1080	980	525	$f/7,2$	33 × 40	50 × 60
34	1180	980	545	$f/7,5$	35 × 40	50 × 65
35	1080	1080	550	$f/6,8$	35 × 45	55 × 65
36	1180	1080	570	$f/7,2$	35 × 45	60 × 65
37	1180	1180	600	$f/8,0$	40 × 50	60 × 70
38	1370	1080	615	$f/7,5$	40 × 45	60 × 70
39	1370	1180	645	$f/7,5$	40 × 50	60 × 75
40	1560	1180	680	$f/7,8$	45 × 50	70 × 75
41	1370	1370	700	$f/8,0$	45 × 55	75 × 80
42	1560	1370	740	$f/8,0$	45 × 55	75 × 80
43	1560	1560	790	$f/8,0$	50 × 60	90 × 95
44	1880	1370	805	$f/8,5$	50 × 60	80 × 90
45	1880	1560	865	$f/8,0$	55 × 60	90 × 95
46	2180	1560	925	$f/8,5$	60 × 65	90 × 100
47	1880	1880	950	$f/8,0$	60 × 75	100 × 120
48	2180	1880	1015	$f/8,0$	70 × 75	100 × 115
49	2180	2180	1100	$f/8,0$	75 × 80	120 × 135

De l'avis de tous ceux qui ont essayé ces nouveaux anastigmats, on ne peut trouver actuellement de meilleurs objectifs. Les surfaces couvertes sont plus grandes que ne l'indique le catalogue de l'opticien et que celles portées sur le tableau de la page 125. Presque tous ces objectifs peuvent servir pour la dimension immédiatement supérieure à celle indiquée. L'astigmatisme est très bien corrigé. L'épaisseur des verres constituant les lentilles étant très faible, leur perméabilité à la lumière est considérable, avantage extrêmement précieux pour les objectifs destinés aux travaux de l'atelier.

Fig. 80.

Pour l'obtention des portraits de grande dimension (plaques 40×50 et au-dessus), cette qualité et la correction parfaite des aberrations le rendent indispensable aux photographes professionnels, aux phototypographes, etc.

Les eurygraphes anastigmatiques doubles permettent de réaliser des trousses d'objectifs très portatives qui sont utilisables avec toutes les dimensions de plaques.

1329. Anastigmats à six lentilles. — M. Turillon, successeur de Darlot, à Paris, a établi deux séries d'anastigmats : l'un, le planigraphe, a cinq verres (p. 120); l'autre, l'anastigmat symétrique, est composé de deux paires d'objectifs à trois lentilles qui, avec une ouverture d'environ $f/7{,}5$, couvre nettement un angle de 70°. Dans les derniers modèles d'instruments de ce type, M. Turillon a légèrement augmenté le diamètre des lentilles, de telle sorte que dans le cas de poses très courtes la surface de la plaque est uniformément éclairée. On peut utiliser cet objectif comme grand angulaire, et l'emploi du diaphragme ainsi ramené à son véritable rôle n'a plus pour effet que d'accroître la finesse de l'image en même temps que d'aug-

menter la profondeur de champ[1]. Les dimensions de ces objectifs sont inscrites dans le tableau suivant :

Anastigmat symétrique *F*/7.5

NUMÉROS	FOYER	DIAMÈTRE des VERRES	DIAMÈTRE COUVERT	
			F. 7,5 Angle 70.	F. 64 Angle 90.
	centimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.
1	9	13,5	9	15
2	12	17,5	12	18
3	15	22,5	15	21
4	18	25,5	18	24
5	21	30	21	30
6	24	34,5	24	35
7	27	39	27	40
8	30	43	30	50

Un très grand nombre de constructeurs ont adopté le type d'objectifs à deux combinaisons de trois lentilles, que l'on pourrait appeler semi-normale, d'après le rôle de chaque lentille considérée par rapport à celle qui la précède ou à celle qui la suit. Les premiers objectifs construits dans ce type sont les combinaisons de *Landscape anastigmat f*/14,5 de Zeiss. Ces doublets[2] peuvent être symétriques si l'on emploie pour les former des objectifs ayant même foyer. Dans ce cas, l'ouverture maxima de l'objectif est *f*/6,9. Avec le diaphragme *f*/8, l'angle nettement couvert est d'environ 40°; il dépasse 50° lorsqu'on se sert du diaphragme *f*/12 et atteint 75° quand on emploie le diaphragme *f*/30 à *f*/50. Ces doublets, appelés *aplanats anastigmati-*

1. *Photo-Gazette*, 25 décembre 1896.
2. Construits en novembre 1891 et mis en vente fin 1893.

ques, sont exempts de distorsion, d'astigmatisme et d'aberration sphérique; ils sont précieux pour toutes sortes de travaux, soit dans l'atelier, soit en plein air. Au lieu de combiner deux objectifs de même foyer on peut associer deux à deux des lentilles de foyers différents et obtenir des instruments dont l'ouverture maxima varie de *f*/7,7 à *f*/6,9. Les objectifs ainsi établis et dont les principaux figurent au tableau page 129 constituent de très bons instruments. Zeiss a cependant abandonné leur construction pour les remplacer par les anastigmats à huit verres, qui sont nettement supérieurs à ceux de cette série.

Goerz a mis dans le commerce, à peu près à la même époque, sous

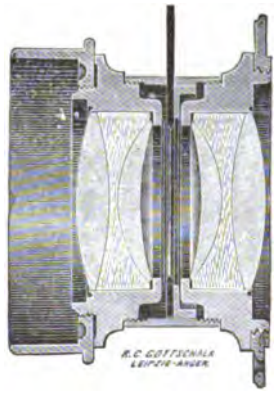


Fig. 81.

Fig. 82.

le nom de *double anastigmat*, un objectif à six verres[1], dans lesquels l'aberration sphérique et l'astigmatisme sont détruits dans un champ d'étendue moyenne (*fig. 81* et *82*). M. E. von Hoegh a calculé cet objectif, et le calcul indique l'emploi d'un verre divergent en flint, auquel sont associés deux verres convergents en crown : l'un de ces crowns possède un indice de réfraction supérieur, l'autre un indice inférieur à celui du flint glass. On peut aussi employer un crown convergent enfermé entre deux flints divergents : de ces flints, l'un a un indice de réfraction supérieur, l'autre un indice inférieur à celui du crown. M. Goerz préfère employer un flint entre deux crowns. Il utilise deux crown à la baryte, un flint léger a la baryte;

1. *Aide-mémoire de photographie pour* 1894, p. 117.

Aplanats anastigmatiques.

NUMÉROS	Constitué par les lentilles à trousse (série VI) — NUMÉROS	distances focales Lentille — antᵉ.	postᵉ.	DISTANCE focale équivalente résultante du doublet.	OUVERTURE relative maximum utilisable.	GRANDEUR de plaque couverte à grande ouv. Diaphragme f 8	PLAQUE normale pour instantanées. Diaphragme f/12.5 — f/18	DIAMÈTRE du cercle d'image nette avec diaphr. f/50. Angle 72°.
		millimètr.	millimèt.	millimètres.		centimètres.	centimètres.	centimètres.
1	1,1	200	200	115	f/6.9	6 × 8	9 × 12	16.7
2	2,1	250	200	128	f/7.7	8 × 10	9 × 12	18.6
3	3,1	320	200	142	f/8.5	8 × 10	12 × 15	20.6
4	2,2	250	250	145	f/6.9	8 × 10	12 × 15	21.1
5	3,2	320	250	162	f/7.7	9 × 12	13 × 18	23.5
6	4,2	385	250	175	f/8.5	9 × 12	13 × 18	25.4
7	3,3	320	320	184	f/6.9	10 × 13	13 × 21	26.7
8	4,3	385	320	201	f/7.7	12 × 15	13 × 21	20.0
9	5,3	450	320	215	f/8.5	12 × 15	16 × 21	31.2
10	4,4	385	385	221	f/6.9	13 × 18	16 × 21	32.1
11	5,4	450	385	238	f/7.7	13 × 18	18 × 24	34.6
12	6,4	530	385	256	f/8.5	13 × 21	18 × 24	37.2
13	5,5	450	450	257	f/6.9	13 × 21	18 × 24	37.3
14	6,5	530	450	279	f/7.7	16 × 21	20 × 26	40.5
15	7,5	660	450	307	f/8.5	16 × 21	24 × 30	44.6
16	6,6	530	530	304	f/6.9	16 × 21	24 × 30	44.2
17	7,6	660	530	338	f/7.7	18 × 24	24 × 30	49.1
18	8,6	775	530	361	f/8.5	20 × 26	26 × 34	52.5
19	7,7	660	660	380	f/6.9	24 × 30	30 × 40	55.2
20	8,7	775	660	410	f/7.7	24 × 30	30 × 40	59.6
21	9,7	900	660	439	f/8.5	24 × 30	33 × 44	63.8
22	8,8	775	775	445	f/6.9	24 × 30	33 × 44	64.7
23	9,8	900	775	479	f/7.7	26 × 34	33 × 44	69.6
24	9,9	900	900	519	f/6.9	30 × 40	40 × 50	75.4

ces verres sont extrêmement résistants. Il construit ces objectifs dans les formats suivants :

Doubles anastigmats *F*/7,7

NUMÉROS	FOYER	OUVERTURE	SURFACES NETTEMENT COUVERTES JUSQU'AUX BORDS AVEC DIAPHRAGMES		
			F : 7,7	F : 15,5	F : 62
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
0000	40	6	4 × 4	5 × 5	5 × 7
000	60	9	6 × 6	6 × 8	7 × 9
00	90	13	6 × 9	8 × 10	12 × 16
0	120	17	9 × 12	12 × 16	13 × 18
1	150	21,5	12 × 15	13 × 18	16 × 21
2	180	25,5	13 × 18	16 × 21	21 × 27
3	210	29,5	16 × 21	18 × 24	24 × 30
4	240	34	18 × 24	21 × 27	30 × 36
5	270	38,5	21 × 27	24 × 30	30 × 40
6	300	42,5	24 × 30	30 × 36	40 × 50
7	360	51	30 × 36	40 × 50	50 × 60
7*a*	420	60	30 × 40	40 × 55	55 × 65
8	480	68	40 × 50	50 × 60	60 × 70
9	600	85	50 × 60	60 × 70	80 × 90
10	750	105	60 × 70	70 × 80	100 × 120
11	900	128	70 × 80	100 × 120	120 × 150

M. Van Hoegh a comparé ces objectifs aux anastigmats *f*/7,2 et *f*/9, au point de vue de la correction de l'astigmatisme (*fig. 83* et *84*); mais l'anastigmat *f*/7,2 est mieux corrigé de l'aberration sphérique que le double anastigmat.

Parmi les objectif; à six verres, il convient de citer les *orthostigmats* de Steinheil.

On sait que feu Ad. de Steinheil avait, en 1880, créé sous le nom d'*antiplanat* une série d'objectifs qui ont eu un légitime succès. Ces objectifs, d'après

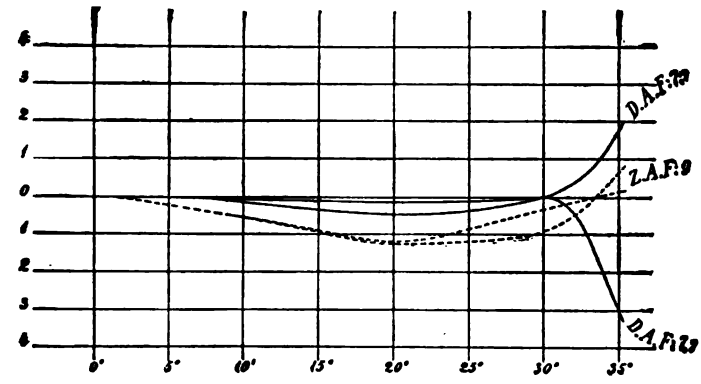


Fig. 83.

ce que nous affirma l'auteur en 1880, lors de l'exposition de Gand, étaient établis pour combattre l'astigmatisme, autant que le permettaient les matières à la disposition de l'opticien à cette époque. Les essais d'objectifs

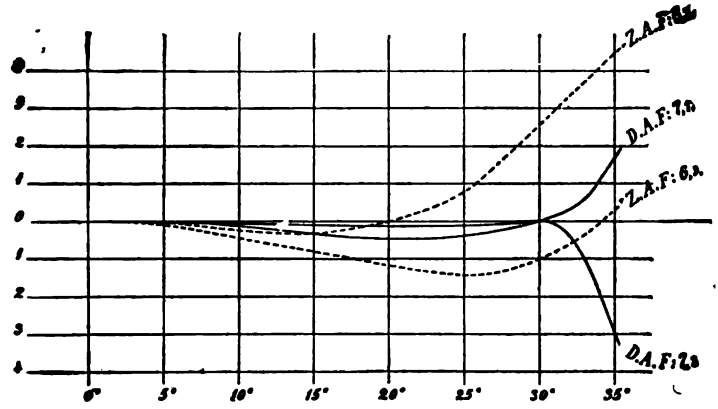


Fig. 84.

basés sur *formule de Petzval* entrepris par Steinheil furent abandonnés faute de verres convenables, et en fait, comme nous l'affirmait Steinheil à cette époque, l'antiplanat réalisait la meilleure correction pratique de l'as-

tigmatisme. Le nouvel *antiplanat rapide* diffère de l'ancien instrument en ce que la combinaison postérieure, qui ne comprenait que deux lentilles dans le type primitif, en comporte actuellement trois; ce système, formé d'un crown compris entre deux flints, est divergent, mais avec une très grande distance focale, et joue le rôle de lentille compensatrice; la surface couverte par ces objectifs est plus grande que celle couverte par les antiplanats d'ancienne forme (**I. 73**).

Ce qui caractérise les orthostigmats, c'est qu'ils couvrent nettement à pleine ouverture des formats de plaque qui, jusqu'à ces derniers temps, n'ont pu être nettement couverts par des instruments de la même clarté, même diaphragmés.

En utilisant de petits diaphragmes avec les orthostigmats, ces instruments embrassent des angles d'image tout à fait comparables à ceux que donnent les aplanats grand angle de faible clarté. M. Steinheil construit deux types d'orthostigmats : dans le type I, d'ouver-

Fig. 85.

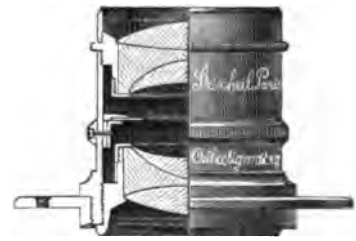


Fig. 86.

ture 1 : 7 (*fig. 85*), la lentille extérieure est biconvexe, son indice de réfraction est supérieur à celui de la lentille médiane qui est biconcave et dont la dispersion est supérieure à celle des deux autres; la lentille intérieure est un ménisque convergent dont la dispersion et l'indice de réfraction sont plus élevés que dans les deux autres[1]. Dans le type II la lentille extérieure est biconvexe; son indice de réfraction est supérieur à celui de la lentille médiane, qui est un ménisque convergent. L'indice de réfraction de ce ménisque est plus petit que celui des deux autres verres; la lentille inté-

1. Brevet français, n° 241,903, décembre 1894.

rieure est biconcave, son indice de réfraction est supérieur à celui de la lentille médiane[1].

Les objectifs simples orthostigmatiques du type I (série C) dont l'ouverture est *f*/14 peuvent être employés comme lentilles simples anastigmatiques. On peut les combiner de diverses manières pour former des trousses de doublets orthostigmatiques ayant une longueur focale résultante qui est égale à environ le quart de la somme des deux longueurs focales séparées. Ces objectifs se construisent dans les dimensions suivantes :

Orthostigmat F/7.

NUMÉROS	LONGUEUR FOCALE	OUVERTURE	SURFACES NETTEMENT COUVERTES		
			à toute ouverture. *f*/7	avec diaphragme moyen. *f*/11	avec petit diaphragme. *f*/28—*f*/40
	centimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
1	9	15	6 × 9	7 × 10	9 × 12
1b	11	18	8 × 10	9 × 12	10 × 13
2	12	19	9 × 12	11 × 15	12 × 16
3	14	23	10 × 13	12 × 16	13 × 18
4	16	27	11 × 15	13 × 18	16 × 21
5	18	31	12 × 16	15 × 20	18 × 24
6	21	35	13 × 18	16 × 21	21 × 27
7	24	39	15 × 20	18 × 24	24 × 30
8	28	42	16 × 21	21 × 27	28 × 35
9	36	51	18 × 24	26 × 34	30 × 40

1. Brevet allemand n° 88505 du 27 novembre 1893; brevet français du 6 décembre 1894, n° 241903.

Orthostigmat F/6,8.

NUMÉROS	OUVERTURE	FOYER	SURFACES NETTEMENT COUVERTES		
			à toute ouverture. 1 : 6,8	avec diaphragmes moyens. *f*/11—*f*/20	avec petits diaphragmes. *f*/40—*f*/56
	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
1	14	9	7 × 10	8 × 11	9 × 12
2	16	10,5	8 × 11	9 × 12	10 × 15
3	18	12	9 × 12	10 × 13	13 × 18
4	22	15	10 × 15	13 × 18	16 × 21
5	27	18	12 × 16	15 × 20	18 × 24
6	31	21	13 × 18	16 × 21	21 × 27
7	36	24	15 × 20	18 × 24	24 × 30
8	41	28	16 × 21	21 × 27	28 × 35
9	53	36	18 × 24	24 × 30	30 × 40
10	72	48	24 × 30	30 × 40	50 × 60
11	90	60	30 × 40	40 × 50	60 × 70

Les orthostigmats du type II (série B) sont de véritables objectifs universels. Ils sont formés par la combinaison de deux objectifs simples à trois verres; chaque moitié de l'objectif comprend comme lentille médiane un ménisque convergent, tandis que dans le type I la lentille médiane est biconcave (*fig. 87*). Les dimensions couvertes à toute ouverture sont indiquées dans le tableau ci-dessus. Pour les quatre derniers numéros, l'ouverture qu'il convient d'utiliser est *f*/7 à *f*/8 pour obtenir une netteté suffisante sur le format indiqué.

Les *collinéaires* de Voigtlaender sont du type des anastigmats symétriques; ils sont formés de deux objectifs à trois verres collés au baume. La réunion de ces deux objectifs simples donne des instru-

ments de grande clarté[1], ou de clarté moyenne s'ils sont destinés à produire des négatifs de monuments, reproductions, etc. Les colli-

Fig. 87.

néaires destinés aux travaux les plus rapides au dehors admettent une ouverture de F/6,3 : ils forment la série II (*fig. 88*), qui comprend dix instruments dont les distances focales varient de 9 à 60 centimètres. La clarté des quatre premiers de ces objectifs a été récemment augmentée en vue de leur application aux chambres à

Fig. 88.

main. Dans ces objectifs, dont les foyers sont 90, 120, 150 et 200 millimètres, le diamètre des lentilles a été déterminé de telle sorte que le rapport de l'ouverture à la distance focale est F/5,4. La rapidité de ces collinéaires est donc *deux fois plus grande* que celle des anastigmats F/7,7 et près de trois fois celle des objectifs admettant une ouverture de F/9 ; malgré cette ouverture relativement considérable, les corrections sont bien réalisées.

1. *Phot. Correspondenz*, octobre 1894, p. 455 ; *Phot. Mittheilungen*, 1894, p. 215.

Les *collinéaires* de la série III (*fig. 89*) admettent une ouverture

Fig. 89.

plus petite, soit F/7,7. Cette série comporte treize grandeurs d'objec-

Collinéaires F/6,3.

NUMÉROS	LONGUEUR FOCALE	DIAMÈTRE des LENTILLES	SURFACE COUVERTE à toute ouverture. 1 : 6,3	SURFACE COUVERTE avec diaphragme. 1 : 12,5	SURFACE COUVERTE avec petits diaphragmes. 1 : 25 à 1 : 36
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
1	90	16,5	6 × 9	8 × 10	9 × 12
2	120	22	9 × 12	12 × 16	13 × 18
3	150	24	12 × 16	13 × 18	16 × 21
4	200	32	13 × 18	13 × 21	18 × 24
5	250	40	13 × 21	16 × 21	21 × 26
6	300	47	16 × 21	18 × 24	24 × 30
7	370	57	18 × 24	21 × 25	30 × 40
8	430	69	21 × 26	27 × 35	40 × 50
9	510	80	24 × 30	30 × 40	50 × 60
10	600	90	30 × 40	40 × 50	60 × 70

tifs dont les foyers varient de 54 millimètres à 800 millimètres; ils couvrent nettement les surfaces indiquées par le constructeur. Avec un diaphragme de F/7 à F/9, le diamètre de l'image nette correspond à un angle de 75° à 85°; l'objectif est donc un grand angulaire rapide.

Collinéaires F/7.

NUMÉROS	LONGUEUR FOCALE	DIAMÈTRE des LENTILLES	SURFACE COUVERTE		
			à toute ouverture. 1 : 7,7	avec diaphragme. 1 : 12,5	avec petits diaphragmes. 1 : 25 à 1 : 36
	millimètres.	millimètres.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
0	54	9,5	4,5 × 4,5	4,5 × 6	—
00	70	10,5	4,5 × 6	6 × 9	—
1	90	12	6 × 9	9 × 12	10 × 13
2	120	16,5	9 × 12	12 × 16	13 × 16
3	150	21	12 × 16	13 × 18	16 × 21
3a	180	24	13 × 18	16 × 21	21 × 27
4	200	26	16 × 21	18 × 24	24 × 30
5	250	33	18 × 24	24 × 30	27 × 35
6	300	39,5	24 × 30	27 × 35	30 × 40
7	360	47	27 × 35	30 × 40	40 × 50
8	430	56	30 × 40	40 × 50	50 × 60
9	510	67	40 × 50	50 × 60	60 × 70
10	600	83	50 × 60	60 × 70	70 × 80
11	800	104	60 × 70	70 × 80	80 × 90

La lentille postérieure peut être employée seule; son ouverture maxima est F/15.5. On peut d'ailleurs utiliser de la même façon les

lentilles des collinéaires de la série II qui admettent une ouverture de F/12,5 et qui avec cette ouverture donnent un champ de netteté de 45°; avec de petits diaphragmes, l'angle utilisable atteint 65°.

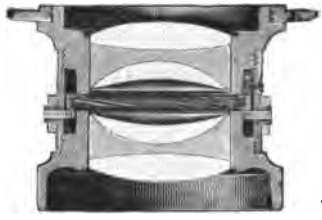


Fig. 90.

Fig. 91.

Les anastigmats à six lentilles ont à peu près complètement remplacé les anciens aplanats, sur lesquels ils présentent de réels avantages quand ils sont bien établis. Parmi les opticiens qui se sont

Aplanastigmat F, 7.

NUMÉROS	DIAMÈTRES en millimètres.	FOYER en centimètres.	SURFACES NETTEMENT COUVERTES		
			à toute ouverture f/7.	avec diaphr. moyen f/14.	avec petit diaphrag. f/56.
4	54	45	30 × 40	40 × 50	50 × 60
5	51	36	27 × 33	30 × 40	40 × 50
5 *bis*.	43	31	24 × 30	27 × 33	30 × 40
6	39	27	18 × 24	21 × 27	24 × 30
6 *bis*.	33	23	15 × 21	18 × 24	21 × 27
7	30	21	13 × 18	15 × 21	18 × 24
8	20	14	9 × 12	12 × 16	13 × 18
9	16	11	6.5 × 9	9 × 12	12 × 16

distingués dans la construction de cet objectif, il convient de citer M. Roussel, de Paris, qui livre cet appareil (*fig. 90* et *91*) sous le nom d'*antispectroscopique*. Le constructeur l'a désigné sous ce nom

à cause du soin apporté à la correction des aberrations chromatiques résiduelles.

M. Hermagis, dont les objectifs aplanétiques sont justement appréciés, construit l'anastigmat à six lentilles sous le nom d'*aplanastigmat* et l'a récemment perfectionné. Cet instrument donne des images très nettes pour les dimensions de plaques inscrites au tableau page 138. MM. Clément et Gilmer, Koch, Jarret, Lemardeley, à Paris, Ross, à Londres, construisent très bien cet objectif.

Le type d'anastigmat à six lentilles est actuellement le plus répandu; presque tous les bons opticiens le construisent correctement.

1330. Anastigmats à huit lentilles. — En combinant deux objectifs à quatre verres de la série VII de Zeiss (**1321**), on obtient

Fig. 92.

des anastigmats à huit verres. Ces instruments forment la série VII^a, comprenant les aplanats — anastigmats d'ouverture F/6,3, établis à l'aide de deux objectifs de même foyer (*fig. 92*), ou les anastigmats doubles que l'on obtient par la combinaison de deux foyers différents. Le nombre des objectifs que l'on peut obtenir à l'aide de ces objectifs simples est de 30, les ouvertures maxima des instruments ainsi établis variant de F/6,3 à F/7,7; l'angle embrassé avec le plus petit diaphragme est voisin de 80°.

La construction de cet objectif est assez délicate, étant donné les épaisseurs très faibles de certains verres utilisés dans la lentille quadruple; mais aucun autre aplanétique rapide *de cette ouverture* (F/6,3) ne fournit d'images aussi nettes et aussi bien corrigées sur une étendue de champ aussi considérable. La grande ouverture de cet objectif le rend précieux pour l'obtention d'épreuves instantanées; la netteté des images qu'il donne à toute ouverture le fait utiliser pour les portraits dans l'atelier, les agrandissements, etc.; enfin,

Aplanats anastigmatiques Zeiss.

NUMÉROS	Constitué par les objectifs simples de la Série VII objectif antér.	objectif postér.	Distance focale équivalente résultante.	Ouverture relative maxima.	SURFACE NETTEMENT COUVERTE A pleine ouverture.	*f*/12.5.	*f* 25.	Diamètre du cercle éclairé pour l'angle 80°
	millim.	millim.	millim.		centimètres.	centimètres.	centimètres.	centimèt.
1	183	183	105	*f*/6.3	7 × 10	10 × 13	10 × 13	17.6
2	224	183	115	*f*/7	9 × 12	12 × 15	12 × 15	19.3
3	285	183	127	*f*/7.7	10 × 13	13 × 16	13 × 16	21.3
4	224	224	128	*f*/6.3	10 × 13	13 × 18	13 × 18	21.5
5	285	224	143	*f*/7	12 × 15	13 × 21	13 × 21	24.0
6	350	224	156	*f*/7.7	13 × 15	15 × 21	16 × 21	26.2
7	285	285	163	*f*/6.3	13 × 16	16 × 21	16 × 21	27.4
8	350	285	179	*f*/7	13 × 18	16 × 21	18 × 24	30.0
9	412	285	192	*f*/7.7	13 × 21	18 × 24	18 × 24	32.2
10	350	350	200	*f* 6.3	13 × 21	18 × 24	21 × 27	33.6
11	412	350	216	*f*/7	16 × 21	21 × 27	23 × 28	36.2
12	480	350	232	*f*/7.7	16 × 21	23 × 28	24 × 30	38.9
13	412	412	235	*f*/6.3	16 × 21	23 × 28	24 × 30	39.4
14	480	412	254	*f*/7	18 × 24	24 × 30	24 × 30	42.6
15	590	412	277	*f*/7 7	18 × 24	24 × 30	26 × 31	46.5
16	480	480	275	*f*/6.3	18 × 24	24 × 30	26 × 31	46.2
17	590	480	303	*f*/7	21 × 27	26 × 31	28 × 33	50.8
18	690	480	324	*f*/7.7	21 × 27	28 × 33	28 × 34	54.4
19	590	590	337	*f*/6.3	21 × 27	28 × 33	29 × 34	56.6
20	690	590	364	*f*/7	24 × 30	28 × 34	30 × 40	61.1
21	815	590	391	*f*/7.7	24 × 30	28 × 34	34 × 39	65.6
22	690	690	395	*f*/6.3	24 × 30	28 × 34	34 × 39	66.3
23	815	690	427	*f*/7	28 × 34	30 × 40	39 × 47	71.7
24	920	690	451	*f*/7.7	28 × 34	30 × 40	40 × 50	75.7
25	815	815	465	*f*/6.3	28 × 34	30 × 40	45 × 55	78.0
26	920	815	494	*f*/7	30 × 40	34 × 39	50 × 60	82.9
27	1050	815	524	*f*/7.7	30 × 40	40 × 50	50 × 60	87.9
28	920	920	526	*f*/6.3	30 × 40	40 × 50	50 × 60	88.3
29	1050	920	561	*f* 7	34 × 39	47 × 57	55 × 65	94.1
30	1050	1050	600	*f*/6.3	34 × 39	47 × 57	60 × 70	100.7

les doublets symétriques peuvent être avantageusement utilisés pour tout travail dans l'atelier (reproductions, etc.) ; on peut les considérer comme un des types les plus parfaits d'objectif universel.

L'objectif isométrope de M. Lévy présente une surface focale assez plane. Le constructeur obtient ce résultat par un procédé anciennement appliqué aux objectifs à portraits : une lentille supplémentaire en crown, d'indice moyen, est placée en avant d'un objectif à six verres ; des retouches locales, exécutées circulairement sur sa surface concave d'après la méthode de Foucault, permettent de corriger complètement l'aberration sphérique.

1331. Objectifs à dix lentilles. — M. Gundlach a proposé l'emploi d'un instrument symétrique composé de deux couples d'objectifs à cinq lentilles, soit en tout dix lentilles. Il est assez difficile, avec un nombre aussi considérable de verres, d'éviter l'influence des résidus d'aberration ; on comprend aussi que le centrage et l'ajustage de tous ces verres présente de sérieuses difficultés.

1332. Objectifs de diverses formes. — La création des types d'anastigmats Zeiss a imposé une transformation complète à l'industrie de l'optique photographique. On peut dire que les travaux du Dr Rudolph ont été le point de départ de progrès qui ont l'importance d'une véritable révolution, d'ailleurs facile à prévoir, comme nous l'avions indiqué[1] dès 1887 ; à cette époque, l'aplanétique ou rectilinéaire rapide (I, **74, 77**) était l'objectif à peu près exclusivement employé. Les bons opticiens ont modifié cet instrument ou même renoncé à sa construction. Les modifications portent sur la nature des verres et sur les rayons de courbure des lentilles. L'introduction des nouvelles matières a permis d'améliorer l'ancien type d'aplanat (B, **1060**), d'augmenter sa clarté, ainsi que les dimensions de plaques qu'il pouvait couvrir.

Parmi les opticiens qui ont ainsi modifié l'aplanat, il convient de citer MM. Steinheil, à Munich ; Renaux, à Bâle ; Jarret, Français, Derogy, Hermagis, Degen, Turillon, à Paris ; Voitglaender, à Brunswick ; les frères Schulze, à Postdam. Ces derniers ont construit sous le nom d'*orthoscope* des aplanats qui, avec petit diaphragme, couvrent nettement un champ circulaire de 72°. Presque tous les

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1887, p. 132.

aplanats modifiés par les bons constructeurs permettent d'atteindre ce résultat.

1333. Avantages des anastigmats. — Les objectifs dans lesquels l'astigmatisme est bien corrigé présentent des avantages extrêmement précieux ; l'opticien est cependant obligé dans certains cas de renoncer à la correction complète de l'astigmatisme pour réaliser plus complètement d'autres corrections. Le Dr Rudolph a donné des règles précises au sujet de l'astigmatisme, règles qu'il a formulées de la manière suivante[1] :

1° La différence astigmatique (c'est-à-dire la différence de mise au point pour un objet très éloigné, sur les lignes focales méridiennes et sur les lignes concentriques) est fonction de l'angle que fait, avec l'axe principal, l'axe secondaire du point; dans les objectifs dont la surface focale est sensiblement plane, elle augmente avec cet angle de façon continue.

2° L'astigmatisme d'un système est fonction de la courbure de la surface focale moyenne; quand cette surface s'approche d'un plan, la distance de l'image à l'objet est très notablement plus grande pour les lignes focales méridiennes que pour les lignes concentriques.

3° L'astigmatisme est fonction de l'ouverture utile de l'objectif, et cela de telle façon que, toutes choses égales d'ailleurs, la différence astigmatique obtenue en retranchant la distance de mise au point sur les lignes focales concentriques de la distance sur les lignes focales méridiennes s'approche d'autant plus de zéro et prend ensuite des valeurs négatives d'autant plus grandes que devient plus petite l'ouverture pour laquelle l'objectif est corrigé de l'aberration sphérique.

4° L'astigmatisme est fonction de la différence des indices de réfraction du crown et du flint associés dans un système de lentilles accolées. Toutes choses égales d'ailleurs, la différence astigmatique, définie comme nous venons de le faire, prend des valeurs positives d'autant plus petites, et ensuite des valeurs négatives d'autant plus grandes, que la différence obtenue en retranchant l'indice du flint de celui du crown se rapproche plus d'une valeur positive et *a fortiori* qu'elle prend des valeurs positives plus grandes.

5° L'astigmatisme est fonction du type de construction de l'objectif.

1. Eder, *Phot. Jahrb.*, 1888.

En étudiant les premiers types d'anastigmats qu'il avait calculés, le Dr Rudolph a rangé ces appareils dans l'ordre suivant, en commençant par ceux où la correction est la plus parfaite[1] :

Anastigmat *f*/18 de grande distance focale ; *f*/9 ; *f*/18 de courte distance focale ; *f*/6,3 ; *f*/12,5 ; *f*/4,5 ; *f*/7,2. De la comparaison faite plus tard entre les anastigmats à cinq verres et ceux à six verres (p. 131), il résulte que pour certaines incidences et avec une ouverture déterminée, la correction astigmatique est mieux réalisée dans les doublets anastigmatiques à six verres que dans les autres combinaisons. Cette correction est encore plus parfaite dans l'aplanat anastigmatique à huit lentilles.

On a émis des doutes sur la durée de conservation des verres qui entrent dans la construction des anastigmats et des objectifs anastigmatiques. Une expérience de près de six années nous a prouvé que ces verres étaient moins altérables que les verres à la soude et au plomb que l'on emploie dans la construction des objectifs ordinaires. Les opticiens qui construisent des anastigmats doivent avoir à leur disposition une collection de verres dans lesquels on puisse trouver pour un indice de réfraction donné telle dispersion désirée.

Ces conditions sont remplies par certains verres à la soude et plomb, par le silicate de baryum, le flint léger à la baryte (nos 56, 20 et 59 du catalogue de Schott, d'Iéna). Le verre le moins résistant est employé pour la construction de la troisième lentille des anastigmats *f*/18 et *f*/12,5 ; l'une des surfaces est collée, tandis que l'autre est à l'intérieur de l'objectif. La circulation de l'air autour de la surface libre n'a donc pour ainsi dire pas lieu, puisqu'elle ne peut se faire qu'à travers la fente des diaphragmes. Dans les conditions les plus défavorables, cette lentille intérieure peut se recouvrir d'une buée causant un affaiblissement de l'image. On enlève cette buée en frottant doucement la surface avec un morceau de linge fin. L'expérience nous a montré qu'il suffisait de faire cette opération une ou deux fois par an (en somme moins souvent qu'avec les anciens verres). Ce dépôt n'entraîne d'ailleurs aucune altération des surfaces polies.

Dans les anastigmats à cinq, six ou huit lentilles, les verres qui seraient sujets à s'altérer sont collés entre des matières dont la résistance aux agents atmosphériques est parfaitement établie.

1. Wallon, *Annuaire général de la photographie*, 1893, p. 129.

§ 5. — Trousses d'objectifs.

1334. Emploi des lentilles simples. — L'emploi des verres simples, c'est-à-dire des verres de bésicles en place d'objectifs, a été fortement préconisé, en particulier par M. d'Assche. A l'aide de ces verres, on n'obtient pas d'images irréprochables, mais le manque de netteté, le *flou* provenant des aberrations que présente la lentille peut, dans certains cas, être avantageux. L'aberration chromatique de ces verres nécessite une correction de mise au point ; il faut rapprocher d'une certaine quantité la glace dépolie de la lentille avant de lui substituer les plaques photographiques. M. d'Assche a montré comment on peut (par l'emploi de lentilles auxiliaires que l'on utilise seulement pour la mise au point et que l'on enlève pour la pose), faire optiquement et immédiatement cette correction. Il suffit que la distance focale optique du système provisoire ainsi constituée soit égale à la distance chimique du verre de bésicles employé comme objectif. La correction variant avec la distance de l'objet, le photographe doit être muni d'un certain nombre de ces lentilles correctrices, chacune d'elle devant être employée pour une distance donnée de l'objet (dans certaines limites) ; il n'est plus nécessaire de faire un calcul au moment d'opérer ou de consulter une table. M. A.-V. Loehr a constaté que pour la photographie des paysages, il suffisait d'utiliser deux lentilles simples, l'une servant pour la photographie, l'autre pour la mise au point. La distance focale de celle-ci est inférieure de 2 % à celle de l'autre. Il en résulte que l'image chimique de la première se faisant dans le même plan où se fait l'image optique de la seconde, il n'y aura pas lieu de modifier le tirage de la chambre avant d'opérer ; il suffira de substituer la première lentille à la seconde, en même temps qu'on substituera la plaque photographique à la glace dépolie [1]. Ces trousses bésicles et ces lentilles de mise au point sont très correctement établies par M. Dehors, à Paris.

1335. Bonnettes d'approche. — En adaptant à un objectif quelconque une lentille additionnelle de foyer F, les rayons lumineux venant d'un point situé à une distance F de l'appareil sont rendus parallèles entre eux par leur passage à travers cette lentille.

1. *Photo-Gazette*, 1895, p. 242.

La réfraction qu'ils subissent ensuite dans l'objectif les fait converger dans le plan focal principal où se trouve la glace sensible. Il se forme donc sur celle ci une image nette des objets qui sont placés dans le plan focal principal antérieur de la lentille auxiliaire; par exemple, si l'objectif photographique étant mis au point sur l'infini on le munit d'une bonnette de 3 mètres de foyer, il donnera des images nettes d'objets situés à 3 mètres. Comme le champ a une certaine profondeur, il donnera des images nettes d'objets situés à des distances un peu supérieures ou un peu inférieures à celles-là. L'adjonction de ces lentilles ne modifie que très légèrement le champ de l'objectif, ainsi que son achromatisme et son aplanétisme. L'objectif reproduisant nettement tout ce qui est situé à une distance supérieure à sa distance hyperfocale, il suffit dans la pratique d'utiliser un nombre assez restreint de bonnettes de foyer différent pour que l'on puisse photographier, sans modifier le tirage de la chambre, tous les objets situés en avant de l'appareil au delà de 1 ou 2 mètres. M. Carpentier, qui utilise ces verres pour ses photo-jumelles, a montré qu'il suffisait de quatre lentilles pour les distances 1 mètre, $2^{m}50$, 3 mètres et 5 mètres.

L'emploi de ces bonnettes d'approche est utile lorsqu'il s'agit de photographier des objets rapprochés en employant une chambre noire dans laquelle l'objectif est réglé avec mise au point faite sur l'infini.

1336. Trousses d'objectifs simples. — La construction des trousses d'objectifs simples (I, **83**) a été modifiée dans ces dernières années. L'emploi des nouvelles matières a permis d'améliorer considérablement ces objectifs que l'on construit maintenant à l'aide de trois ou quatre verres; mais presque toujours ces objectifs peuvent être associés deux à deux de manière à fournir des instruments à grande ou moyenne ouverture.

Les objectifs simples les plus employés pour cet objet sont ceux à trois (**1318, 1320**) ou quatre verres (**1321**).

Les eurygraphes anastigmatiques simples de Lacour, les aplanats anastigmatiques de Zeiss, Koch, Hermagis, Turillon, Steinheil, Voigtlaender, sont les instruments les plus employés pour cet objet : il suffit le plus souvent de trois ou quatre objectifs anastigmatiques simples, pouvant être employés deux à deux, pour répondre à tous les cas qui peuvent se présenter.

1337. Trousses d'objectifs composés. — Certains objectifs composés constituent à eux seuls une véritable trousse : il en est ainsi des anastigmats doubles dissymétriques de Lacour, des doublets anastigmatiques de Zeiss d'ouverture F/7 et F/7,7, du nouveau stigmatic universel F/6 de Dallmeyer. Ce dernier instrument est constitué par un objectif simple placé en avant et dont la distance focale est égale à une fois et demi celle de tout le système optique. Le foyer de l'objectif d'arrière est le double de celui de la combinaison ; ces trois distances focales sont donc comme 1 : 1.5 : 2. L'ensemble des deux combinaisons ayant une distance focale égale au

Fig. 93.

Fig. 94.

plus grand côté de la plaque nettement couverte avec le plus petit diaphragme, la plus longue distance focale correspond donc sensiblement au double du plus petit côté. Cette longueur focale trouve très souvent son emploi dans la pratique.

M. Lacour construit dix trousses différentes formées avec des eurygraphes anastigmatiques simples. Ces trousses, établies pour tous les formats (depuis le 9 × 12 jusqu'au format de 40 × 50 centimètres), comportent trois ou quatre objectifs simples de foyers différents qui, combinés deux à deux, donnent trois ou six objectifs doubles de foyers différents. Pour le format 13 × 18 (*fig. 93*), les longueurs focales sont 225, 310 et 390 millimètres ; pour le 18 × 24, on ajoute aux lentilles de 310 et 390 millimètres celles de 480 et 580 millimètres.

M. Steinheil a établi plusieurs séries de trousses aplanétiques pour

paysages et pour monuments, reproductions, etc. Dans ces derniers temps, il a combiné des trousses de lentilles orthostigmatiques, composées de lentilles d'ouverture F/14, pouvant être employées seules ou avec une autre de même foyer ou de foyer différent; la longueur focale résultante est à peu près la moitié de la moyenne des deux longueurs focales séparées. Pour le 13 × 18, il emploie les longueurs focales 205, 280 et 355 millimètres; il ajoute une lentille de 470 millimètres aux deux dernières s'il s'agit du format 18 × 24. Dans les trousses de M. Steinheil, l'adaptation des lentilles se fait à baïonnette sur un barillet commun à toutes les lentilles; ce barillet est muni d'un diaphragme iris dont on fait varier l'ouverture à l'aide d'une bague portant une graduation en millimètres : on peut savoir à chaque instant quel est le diamètre du diaphragme employé.

M. Voigtlaender utilise pour la confection des trousses les lentilles des collinéaires, série II et série III. Les lentilles simples de la première série admettent une ouverture de F/12,5 (un peu plus grande pour les lentilles de petite dimension); la combinaison de ces objectifs simples donne des objectifs d'ouverture maxima égale à F/7 environ. Les objectifs simples de la série III ont une ouverture maxima de F/15,5 et donnent des objectifs d'ouverture F/8,2. Dans l'une comme dans l'autre série, les distances focales sont 220, 260 et 350 millimètres pour le format 13 × 18; aux deux dernières, on ajoute des lentilles de 510 et 430 millimètres pour la trousse qui est destinée au format 18 × 24 centimètres qui comprend donc quatre lentilles. Ces trousses sont bien établies; l'angle du champ varie de 32 à 80° : elles peuvent donc être utilisées comme grand angulaire; mais, pour cet usage, il vaut mieux employer un objectif grand angulaire.

Les objectifs simples anastigmatiques à quatre verres de Zeiss admettent une ouverture maxima de F 12,5 : ils couvrent alors une plaque dont la diagonale est sensiblement égale à la distance focale de l'objectif; la distorsion est peu sensible; la rapidité est suffisante pour le portrait à l'atelier, le groupe, les épreuves instantanées en plein air, etc. En associant deux à deux ces objectifs simples de foyers différents (*fig. 94*), on obtient des doublets dissymétriques dont l'ouverture varie de F/7 à F/7,7, et qui, à toute ouverture, couvrent un angle d'environ 70°; avec diaphragme moyen, l'angle atteint 80° : ces objectifs constituent donc des grands angulaires dans lesquels on a réalisé la correction des aberrations sphériques, chro-

matiques et anastigmatiques; on peut ainsi combiner facilement des trousses formées par des objectifs universels.

Pour le format 13 × 18, les trousses d'objectifs simples anastigmatiques de Zeiss comportent trois distances focales : 224, 285 et 350 millimètres; en les combinant deux à deux, on obtient trois distances focales différentes, correspondant à des angles de 64 à 70° sur la plaque 13 × 18; employés comme objectifs simples, ils donnent un angle de champ variant de 35 à 53°. La trousse pour plaque 18 × 24 comprend quatre objectifs simples ayant respectivement 285, 350, 412 et 480 millimètres de distance focale et utilisant sur la plaque 18 × 24 des angles variant de 35 à 55°; employés deux à deux, ces objectifs permettent d'obtenir cinq distances focales différentes utilisant des angles de 61 à 80° pour le format 18 × 24. Ces excellentes trousses jouissent d'une réputation justement méritée; elles ont remplacé les trousses d'anastigmats simples à trois verres du même constructeur.

Les objectifs simples à trois verres du type Gauss et d'ouverture F/9 ne sont pas encore dans le commerce; en les combinant deux à deux, on pourra obtenir des anastigmats dissymétriques admettant une très grande ouverture.

Les diverses trousses anastigmatiques que nous venons de décrire ont généralement remplacé les trousses d'objectifs aplanétiques; ces dernières fournissent cependant de très bons résultats lorsque la grandeur de l'angle de l'image n'intervient pas. Dans ce cas, plusieurs constructeurs livrent des trousses *mixtes*, c'est-à-dire composées d'objectifs anastigmatiques travaillant comme objectifs rapides grands angulaires et d'objectifs simples aplanétiques donnant des combinaisons à long foyer. Parmi ces trousses, il convient de citer celles qui sont construites par M. Hermagis.

§ 6. — Téléobjectifs.

1338. Construction des téléobjectifs. — Les premiers téléobjectifs photographiques ont été construits par MM. Borie et Tournemire, il y a près de trente ans[1]. A cette époque, les procédés de préparation des plaques photographiques ne permettaient pas d'obtenir des surfaces très sensibles; l'appareil, qui ne différait pas des lunettes photographiques actuelles, tomba dans l'oubli, fut réinventé plusieurs fois, tout comme *l'amplifier* de Tolles[2]

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1869, p. 132.
2. *Americ. micr. Journal*, n° 69, p. 169.

(lentille divergente combinée avec l'objectif du microscope pour augmenter le grossissement sans changer le tirage dans la chambre photographique usitée en micrographie). Cette association d'un objectif de microscope et d'une lentille divergente ont permis à Woodward d'obtenir, de 1870 à 1874, des microphotographies fort belles, qui laissent en arrière ce qui a été fait depuis avec cette ancienne combinaison optique. Tolles, célèbre opticien américain, mort en 1883, avait acquis une juste réputation pour la construction de ces lentilles divergentes que l'on combinait avec l'objectif du microscope; il avait emprunté ce type d'appareil optique à l'orthoscope calculé par Petzval vers le milieu de ce siècle.

C'est d'ailleurs au type d'orthoscope de Petzval que l'on tend à revenir aujourd'hui, mais avec une modification : dans l'objectif orthoscopique, la distance qui séparait les deux lentilles était assez faible et absolument fixe (**I, 80**). Dans le téléobjectif que l'on emploie actuellement cette distance est variable dans certaines limites; mais c'est presque toujours au téléobjectif à lentille divergente que l'on donne la préférence à cause du faible tirage de la chambre noire nécessité par ce système.

Les conditions que doit remplir un téléobjectif ont été nettement indiquées par M. le capitaine Houdaille[1] : il faut que l'instrument soit léger et peu encombrant puisqu'il est destiné au touriste. L'objectif antérieur, employé isolément, doit couvrir le format de plaque employé. Le grossissement du téléobjectif doit être tel que la netteté de l'image soit voisine de 1/10 de millimètre; si la netteté est plus forte, certains détails échappent à l'œil nu, si elle est plus faible, on a agrandi le format de l'image sans obtenir aucun détail nouveau. La mise au point directe étant à peu près impossible en raison de la faible clarté de l'image et de la précision de l'écartement à donner aux deux systèmes optiques, l'erreur doit être inférieure à $0^{mm}2$; la mise au point devra être automatique. Enfin, la pose doit être assez courte pour faire ce qu'on appelle l'instantané posé, c'est-à-dire qu'elle sera comprise entre une seconde et $0^{s}1$.

Il vaut mieux employer un système divergent, car on diminue ainsi le tirage qu'aurait la chambre noire si l'on employait pour grossir l'image un système convergent.

L'objectif qui constitue la combinaison antérieure doit être aussi aplanétique que possible, c'est-à-dire donner une grande finesse au centre de l'image; la correction du foyer chimique doit être faite à $0^{mm}2$ près; enfin, il faut que la lumière réfléchie par les lentilles soit aussi faible que possible.

Les deux systèmes optiques sont réunis par un système de tube

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 351.

à crémaillère; la mise au point se réalise facilement. Un index se déplace le long d'une graduation donnant d'un côté le tirage de la chambre noire (*fig. 95*), de l'autre le grossissement obtenu. Pour

Fig. 95.

déterminer la position de l'index, on se base sur la relation qui indique la profondeur de champ et les deux profondeurs de foyer de l'appareil ; la position de l'index peut être fixé à $0^{mm}2$ près.

Dans certains appareils, tels que les téléobjectifs de Zeiss, les positions de l'index sont fournies par des tables calculées par le constructeur et livrées avec chaque instrument.

1339. Tirage de la chambre noire. — M. C.-A. Steinheil[1] a déterminé d'une manière simple les rapports qui existent entre l'agrandissement

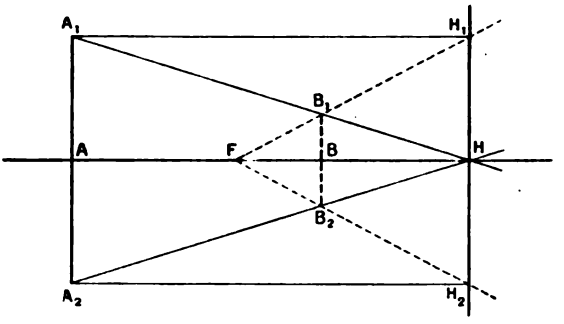


Fig. 96.

obtenu par le téléobjectif et l'augmentation du tirage de la chambre noire. Soit une lentille divergente d'épaisseur infiniment petite ; soit A_1B_2 un objet (*fig. 96*), B_1B_2 son image virtuelle ; soit AH l'axe optique, H le point nodal, H_1H le plan nodal, F le premier foyer virtuel d'une lentille divergente. Soit $AH = a$, $BH = \alpha$, $FH = f$. On a :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\alpha} - \frac{1}{a}. \tag{1}$$

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, Annexe, p. 207.

La réduction de l'objet est donnée par le rapport $\frac{A_1A_2}{B_1B_2} = n$. On a, de plus, dans les triangles semblables,

$$\frac{A_1A_2}{B_1B_2} = \frac{a}{\alpha};$$

par suite

$$n = \frac{a}{\alpha}, \tag{2}$$

l'équation (1) donne

$$\alpha = \frac{af}{a+f}.$$

On en déduit

$$n = \frac{a+f}{f}. \tag{3}$$

Si l'on interpose une lentille convergente, soit H_1F_2 l'axe optique (*fig. 97*),

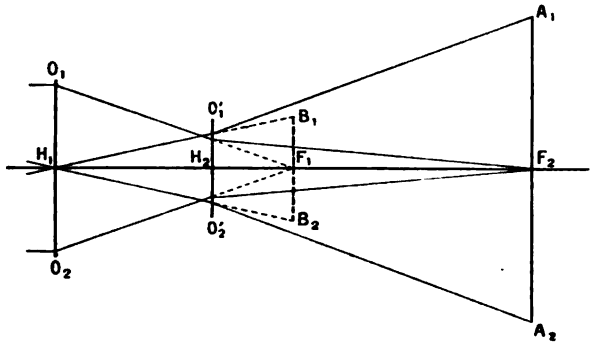


Fig. 97.

H_1 un plan passant par le point nodal de la lentille positive, H_2 un plan passant par le point nodal de la lentille négative; soit F_1 le foyer de la lentille positive, F_2 le foyer de la combinaison entière. Si la lentille négative n'existait pas, les rayons parallèles à l'axe optique O_1O_2 formeraient leur foyer en F_1; ces rayons sont déviés une seconde fois en $O'_1O'_2$ par la lentille négative et forment leur foyer en F_2. Deux rayons quelconques partant du même objet passent par le point nodal H_1 et sont déviés par la lentille divergente vers A_1A_2.

Si l'on suit la marche des rayons en sens inverse, on peut admettre que l'on est dans le cas d'une lentille négative simple; l'objet A_1A_2 est en F_2 dont l'image virtuelle B_1B_2 s'est formée en F_1; les rapports sont les mêmes quant à leur valeur. On a

$$F_2H_2 = a, \qquad F_1H_2 = \alpha.$$

La réduction n est en réalité un agrandissement v :

$$v = \frac{a + f}{f}. \tag{4}$$

Si la distance focale de la lentille est connue, on peut déterminer pour un agrandissement quelconque v la valeur

$$a = f(v - 1), \tag{5}$$

et, par suite,

$$\alpha = \frac{a}{v} = f\frac{(v-1)}{v}. \tag{6}$$

Si F_1 correspond à la mise au point pour l'agrandissement d'une fois, F_2 sera celle de l'agrandissement de v fois ; par suite, la distance $F_1F_2 = a - \alpha$ donne l'augmentation du tirage correspondant à l'agrandissement de v fois :

$$a - \alpha = f(v-1) - \frac{f(v-1)}{v} = \frac{f(v-1)^2}{v}. \tag{7}$$

Soit une lentille de 0m21 de foyer et un système d'agrandissement de — 0m079 ; soit un agrandissement de 10 fois :

$$a - \alpha = \frac{0{,}079\,(10-1)^2}{10} = 0^m64.$$

Tel est le tirage de la chambre noire. On voit que pour obtenir la même échelle d'image il faudrait un objectif de $0^m21 \times 10 = 2^m10$.

On peut, à l'aide de ces formules et en employant le téléobjectif, déterminer la valeur de la distance focale. L'équation (7) donne

$$f = \frac{v(a-\alpha)}{(v-1)^2}.$$

Il suffit de mesurer $(a - \alpha)$ accroissement de tirage et v agrandissement. En effectuant la mesure de $a - \alpha$ pour plusieurs agrandissements v et prenant la moyenne des résultats obtenus, on obtient une valeur plus précise de f.

1340. Objectif téléphotographique à lentille divergente. — Le Dr Rudolph admet que dans la pratique un objectif téléphotographique se compose de deux systèmes de lentilles séparés l'un de l'autre par une lame d'air assez épaisse : l'un des systèmes est *convergent*, c'est l'élément positif ; l'autre est divergent et constitue l'élément négatif. La distance focale du système *divergent* est plus courte que celle de l'élément positif.

Ces deux éléments sont disposés aux deux extrémités d'un tube dont la longueur est variable : la distance des deux systèmes peut donc être modifiée. Lorsque le *minimum de l'écartement* est atteint, le foyer postérieur de l'élément positif coïncide avec le foyer antérieur de l'élément négatif ; la quantité dont le tube peut être allongé ne doit pas dépasser la distance focale de l'élément négatif. L'intervalle optique Δ est la distance du foyer

postérieur de l'élément positif au foyer antérieur de l'élément négatif. Ces conditions n'étaient pas réalisées dans tous les téléobjectifs; elles le sont dans ceux construits par Zeiss et tous les bons opticiens. Dans ces conditions, l'objectif est pratiquement utilisable pour la photographie; si Δ a une valeur différente de o, l'objectif téléphotographique peut prendre n'importe quelle distance focale jusqu'à la limite de celle de l'élément positif.

La distance focale f d'un objectif téléphotographique, f_1 et f_2 étant celles des composants est

$$f = \frac{f_1 f_2}{\Delta},$$

et en désignant par $\gamma = \frac{f_1}{f_2}$ le coefficient d'amplification de l'objectif téléphotographique

$$f = \frac{\gamma f_2^2}{\Delta}.$$

La distance du foyer antérieur F de l'objectif téléphotographique au foyer antérieur F_1 de l'élément positif est

$$FF_1 = \frac{f_1 f_2}{\Delta} = \gamma f.$$

La distance du foyer postérieur F' de l'objectif téléphotographique au foyer postérieur F'_2 de l'élément négatif est

$$F'F'_2 = \frac{f_2 f_2}{\Delta} = \frac{f}{\gamma}.$$

L'éloignement de l'objet est, pour un objectif téléphotographique avec coefficient d'amplification γ et un élément positif de distance focale f_1, de

$$f(\gamma - 1) + f_1$$

plus grande que pour un objectif photographique ordinaire de même distance focale f.

L'éloignement de l'image est, pour le même objectif téléphotographique,

$$f\left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) + f_2$$

plus faible que pour un objectif photographique ordinaire de même distance focale f.

1341. Emploi de l'objectif téléphotographique pour grands portraits. — L'objectif téléphotographique permet de réaliser, pour n'importe quel éloignement du sujet, toute grandeur de figure désirée, et réciproquement, pour une grandeur de figure donnée, toute perspective quelconque de l'image. Pour un éloignement

du sujet fournissant une bonne perspective, on emploie, si l'on fait usage de l'objectif téléphotographique, un tirage de chambre relativement court; il en résulte que cet instrument permet, pour un diamètre de lentille déterminée et dans le cas des portraits bustes, une pose plus courte que celle que nécessite l'objectif photographique de construction ordinaire.

L'objectif téléphotographique nécessite, pour une grandeur de figure donnée, un plus grand éloignement du sujet que l'objectif photographique ordinaire de même distance focale : donc le sujet sera photographié sous un angle plus faible et la perspective de l'image sera moins exagérée que si l'image avait été faite à l'aide d'un objectif photographique ordinaire de même distance focale. De plus, à ouverture relative égale, l'objectif téléphotographique possède une profondeur de foyer plus considérable, mais nécessite une pose plus prolongée que l'objectif photographique ordinaire. Toutes choses égales, d'ailleurs, les temps de pose propres aux deux genres d'instruments sont proportionnels au carré de l'éloignement nécessaire du sujet.

Pour le portrait, les combinaisons téléphotographiques dont l'élément positif est un doublet d'ouverture *f*/6 à *f*/10 sont moins avantageuses que lorsque cet élément est constitué par un objectif simple rapide d'ouverture égale à celle du doublet. En effet, l'objectif simple (dont tous les verres sont cimentés l'un à l'autre) donne des images plus brillantes que celles fournies par les instruments doubles. On peut, d'ailleurs, construire ces objectifs simples de façon que leur clarté soit supérieure à celle des autres objectifs : ils permettent alors d'opérer très rapidement dans l'atelier, car les réflexions qui se produisent sur les surfaces de séparation de l'air et du verre produiront toujours un commencement de voile. Si l'on utilise un objectif double à la confection du téléobjectif, l'instrument fonctionne, en réalité, comme un triplet sous le rapport des pertes de lumière par réflexion; il travaille, au contraire, comme un objectif double, si l'élément positif est constitué par une lentille simple; mais, dans ce dernier cas, pour éviter la distorsion, il convient de ne pas donner à γ une valeur plus grande que 2 ou 3.

Le Dr Rudolph[1] a fait connaître les dispositions les plus avantageuses pour obtenir des portraits buste soit en demi grandeur naturelle, soit en grandeur naturelle, le sujet étant à des distances de

1. Dr Rudolph, *Guide pour l'usage des objectifs téléphotographiques.*

3 à 4 mètres de l'appareil, le tirage de la chambre étant compris entre 56 et 108 centimètres.

1342. Paysages pris d'un endroit très éloigné. — Dans ce cas, la rapidité n'est pas une condition indispensable; l'on cherche surtout à diminuer le tirage de la chambre noire. Au point de vue du brillant de l'image, il vaut mieux employer un système composé d'un élément positif simple associé à une lentille divergente; dans ce cas, l'image est plus brillante que si l'on utilisait un doublet, mais on ne doit pas oublier que la distorsion est d'autant plus considérable que le coefficient γ est plus élevé; par conséquent, si ce défaut n'a pas d'importance, et si, d'autre part, on doit opérer très rapidement, on s'adressera à une combinaison positive très lumineuse, à trois verres cimentés; au contraire, si l'on désire une épreuve absolument correcte jusqu'aux bords du champ, ou bien si l'on désire un coefficient d'amplification très élevé, on s'adressera aux combinaisons doubles.

1343. Vues de monuments à grande distance. — L'emploi du téléobjectif est précieux pour obtenir des détails qui ne sont accessibles à l'objectif que d'une très grande distance. On peut, pour obtenir ces détails, travailler avec une très longue distance focale; d'autre part, au point de vue de la commodité du maniement et de la stabilité de l'appareil, il y a lieu d'employer un tirage aussi court que possible; enfin, l'image doit être absolument exempte de distorsion : on utilisera donc un objectif double comme élément positif; l'élément négatif sera choisi au mieux, de telle sorte que le coefficient d'amplification γ, c'est-à dire le rapport de la distance focale de l'élément positif à la distance focale de l'élément négatif, ait une valeur comprise entre 3 et 5.

1344. Détermination de la longueur focale et de l'ouverture du diaphragme. — On peut déterminer empiriquement cette longueur focale par le procédé suivant : on met au point un objet très éloigné; l'image doit se former au milieu du champ; on relève exactement la longueur du tirage de la chambre noire; sans modifier la distance des deux éléments, on met au point un petit objet quelconque, l'image étant en grandeur naturelle; on relève de nouveau exactement la longueur du tirage : la différence entre les deux relevés exprime la distance focale principale du système téléphotographique.

L'ouverture relative O du téléobjectif a pour valeur celle du rapport

$$\frac{D}{f} = O,$$

dans lequel D représente le diamètre de l'ouverture apparente du diaphragme et f la distance focale de l'objectif téléphotographique dans les conditions particulières (distance des lentilles) de son emploi.

1345. Images obtenues à l'aide du téléobjectif. — Il est plus difficile d'obtenir de bonnes images quand on emploie un téléobjectif que lorsque l'on utilise un objectif ordinaire. En effet, s'il s'agit de produire des portraits de grandeur naturelle, la mise au point est très délicate à cause de la faible profondeur de foyer de l'appareil; s'agit-il, au contraire, d'obtenir des images d'objets très éloignées, l'état de l'atmosphère exerce une influence considérable sur la nature de l'image : le défaut d'homogénéité de température des diverses couches d'air que traversent les rayons lumineux est souvent la cause d'un manque absolu de netteté de l'image. On constate ce manque de netteté lorsque pendant l'hiver on photographie un paysage, l'appareil étant placé dans l'embrasure d'une fenêtre d'un appartement chauffé : l'air chaud s'échappant au dehors produit des perturbations considérables dans la marche des rayons lumineux, perturbations qui se traduisent par un manque absolu de netteté. Le même phénomène se constate en plein air lorsqu'une colonne d'air chaud venant d'une cheminée, d'une toiture surchauffée par les rayons du soleil, etc., s'élève entre l'objet et l'appareil; l'image est absolument floue.

La première condition à réaliser dans la photographie des paysages est donc de ne travailler que par un temps clair, l'atmosphère étant calme et la température pas trop élevée.

1346. Divers types de téléobjectifs. — M. Dallmeyer a construit pour M. Bergheim un objectif à verres simples, basé sur le principe du téléobjectif : il peut donner des images depuis la dimension de la carte-album jusqu'à la grandeur naturelle. Les épreuves obtenues sont très harmonieuses; la netteté sur les divers plans est meilleure que celle obtenue par l'emploi de verres de bésicles.

M. Fleury Hermagis a combiné un nouveau téléobjectif pour ins-

tantanées, de format 9 × 12, n'exigeant qu'un tirage de 24 centimètres, bien que la plus grande longueur du tube soit logée dans la chambre. Le centre de gravité se trouve donc sur une verticale passant par la planchette de l'objectif : les vis de la rondelle n'ont pas à résister à un poids capable de les arracher, comme il serait à craindre avec un tube entièrement saillant[1].

MM. Clément et Gilmer ont mis dans le commerce, sous le nom d'orthomégagraphe, un nouveau modèle de téléobjectif Houdaille. Cet objectif est spécialement destiné aux portraits de grandes dimensions ; il diffère du premier modèle en ce que le système divergent est associé, comme d'ailleurs dans le type primitif de Dallmeyer, à un objectif à portraits.

Le téléobjectif construit par M. Derogy est formé d'un objectif aplanétique ordinaire et d'un système divergent composé de deux lentilles doubles, divergentes, isolément achromatisées et symétriques ; elles sont très rapprochées l'une de l'autre. Cette disposition permet de donner à l'oculaire une distance focale très courte, sans que l'on ait besoin de trop accentuer les courbures, ce qui forcerait à diminuer le diamètre à cause de l'aberration[2]. Le tube porte une graduation double indiquant le tirage à donner à la chambre pour chacune des valeurs du grossissement. Celui-ci, évalué par le rapport des dimensions que présente l'image avec ou sans la combinaison divergente, peut varier de 3 à 10, le tirage variant de 20 à 90 centimètres. Si l'on ne force pas trop le grossissement, on peut, par une belle lumière, obtenir des épreuves instantanées à l'aide de cet appareil.

La combinaison divergente du téléobjectif de M. Degen se compose également de deux lentilles négatives, séparément achromatiques ; ce système peut être placé à une distance variable de la combinaison positive, constitué par un objectif aplanétique. Les deux combinaisons sont montées sur un même tube muni d'une rondelle permettant de visser l'appareil sur la planchette de la chambre noire ; l'écartement du système optique se règle à l'aide d'une crémaillère.

M. d'Assche a indiqué un moyen pratique de transformer en téléobjectif une lunette de théâtre : il suffit de disposer cette jumelle sur une planchette d'objectif, l'un des oculaires de la jumelle traversant

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 239.
2. *Photo-Gazette*, 1894, p. 98.

l'ouverture pratiquée dans la planchette. On règle la distance de la glace dépolie à l'oculaire d'après la valeur que l'on se fixe pour le grossissement, et on fait ensuite la mise au point en faisant varier l'écartement de l'objectif et de l'oculaire ; on détermine ensuite par tâtonnement la position de la glace sensible qui fournit le maximum de netteté. La valeur de la correction à effectuer doit être faite pour un certain nombre de grossissements; on dresse alors une table que l'on consultera au moment d'opérer.

Dans le but de donner aux téléobjectifs une grande luminosité, M. Zeiss a établi plusieurs types de ces instruments. Dans le modèle de 1894, l'instrument se composait d'un objectif simple à trois verres d'un diamètre de 25 millimètres pour 100 millimètres de foyer, ou bien 46 millimètres de diamètre pour 183 millimètres de foyer, auquel on associait une lentille divergente. La construction de ce type d'objectif a été abandonnée et récemment remplacée par un autre d'un usage plus pratique. Les dimensions du tube ont été considérablement réduites; la partie optique est plus lumineuse, les images obtenues sont plus nettes, leur champ plus étendu que celui des images obtenues en utilisant les anciens systèmes; c'est grâce à l'emploi d'une nouvelle lentille positive simple et d'une nouvelle lentille négative que ces résultats ont pu être obtenus. L'élément positif comprend quatre verres accolés; l'ouverture relative est à peu près d'un tiers de la distance focale. Cet objectif simple peut rendre des services dans l'atelier comme objectif extra-rapide à portraits; on peut l'utiliser pour obtenir des portraits bustes. Ce *télépositif* se construit dans trois dimensions ayant 135, 225 et 375 millimètres de distance focale. L'élément négatif a un très grand diamètre relativement à son foyer. Le télénégatif se construit en six dimensions dont les diamètres sont 15, 24, 30, 37, 50, 63 millimètres, et les foyers 27, 45, 58, 75, 100, 125 millimètres. L'élément négatif est très bien corrigé des aberrations sphériques et chromatiques ; ses courbures sont très faibles comparativement à celles d'une lentille achromatique de même foyer. Il peut être employé soit en combinaison avec un télépositif, soit avec un objectif double bien corrigé de l'aberration sphérique. Le tube est court par rapport aux tubes des autres téléobjectifs; le diaphragme iris ordinaire est remplacé par un obturateur à iris automatique : ces deux modifications donnent à tout l'appareil photographique une plus grande stabilité pendant la pose. Les divisions que porte le tube donnent en millimètres la distance du foyer

postérieur de l'élément positif au foyer antérieur de l'élément négatif. Des tables de tirage et de grossissement pour plusieurs combinaisons s'adaptant sur un même tube de dimensions données sont livrées avec l'appareil.

§ 7. — Accessoires des objectifs.

1347. Diaphragmes. — L'emploi du diaphragme iris (**I, 86**) s'est généralisé de plus en plus; on a renoncé à peu près partout (sauf pour les objectifs à portraits et pour les instruments destinés à l'atelier) à utiliser les diaphragmes à vannes qui peuvent être perdus ou faussés très facilement.

Ces diaphragmes iris étaient faits autrefois avec des lamelles d'acier. On a abandonné cette substance qui se rouille très facilement, on l'a remplacé par le laiton noirci; mais au bout d'un certain temps les lamelles de laiton deviennent brillantes, ce qui provoque des reflets dans l'appareil. M. Zeiss a utilisé des lamelles d'ébonite; elles sont suffisamment rigides, très légères, et ne présentent aucun des inconvénients qui résultent de l'emploi des métaux.

1348. Graduation des diaphragmes. — Les résolutions prises par le Congrès de 1889 et 1891, relativement au numérotage des diaphragmes, ne sont pas partout appliquées (**I, 168; A, 1085**). La seule prescription à laquelle les constructeurs se soient conformés est relative à la durée du temps de pose nécessaire quand on passe d'un diaphragme au diaphragme immédiatement suivant. Cette ouverture est telle que le temps de pose soit exactement le double de celui qui était nécessaire avec le diaphragme précédent.

Un certain nombre de constructeurs indiquent sur la monture le diamètre réel de l'ouverture du diaphragme. Cette manière de procéder est la seule pratique lorsque la monture doit servir pour plusieurs objectifs de formats différents; dans ce cas, il faut déterminer l'ouverture utile correspondante à chaque foyer de la trousse employée.

Les systèmes de numérotage les plus usités sont ceux du Congrès de Paris, celui de la Société photographique de la Grande-Bretagne et celui du Dr Stolze, adopté dans la construction des objectifs de Zeiss. Nous donnons dans le tableau suivant la corres-

Tableau de correspondance des Diaphragmes.

$\frac{1}{D}$	NUMÉROS DES DIAPHRAGMES			$\frac{1}{D}$	NUMÉROS DES DIAPHRAGMES		
	C. I.	U. S. N.	ZEISS		C. I.	U. S. N.	ZEISS
1/3	//	1/0,562	//	1/18	//	//	32
1/3,33	1/9	//	//	1/20	4	//	//
1/3,53	1/8	//	//	1/22,62	//	32	//
1/4	//	1	//	1/25	//	//	16
1/4,5	//	//	512	1/28	//	49	//
1/5	1/4	1,56	//	1/28,28	8	//	//
1/5,65	//	2	//	1/30	9	//	//
1/5,77	1/3	//	//	1/32	//	64	//
1/6	//	2,25	//	1/36	//	81	//
1/6,3	//	//	256	1/40	16	100	//
1/7	//	3,06	//	1/45,25	//	128	//
1/7,07	1/2	//	//	1/50	//	//	4
1/7,2	//	//	192	1/51,96	27	//	//
1/8	//	//	//	1/56	//	196	//
1/9	//	5,06	128	1/56,56	32	//	//
1/10	1	//	//	1/64	//	256	//
1/11,31	//	8	//	1/70	//	306,25	//
1/12	//	9	//	1/71	//	//	2
1/12,5	//	//	64	1/80	64	400	//
1/14,14	2	//	//	1/90	81	//	//
1/16	//	16	//	1/90,5	//	512	//
1/17,32	3	//	//	1/100	100	625	1

pondance entre ces trois systèmes désignés par la notation **C. I.** (*Congrès international*), U. S. N. (*Uniform System Nombers*), Zeiss. Dans la première colonne, nous indiquons le rapport de la distance focale principale F, prise pour unité au diamètre de l'ouverture D. Dans le système de la Société photographique de la Grande-Bretagne, on considère l'ouverture *réelle*, tandis que dans les deux autres systèmes on considère l'ouverture *utile*.

1349. Forme du diaphragme. — On utilise presque toujours un diaphragme de forme circulaire, et, pour obtenir sensiblement cette surface circulaire, les secteurs des diaphragmes sont en nombre suffisant (en général 12 ou 16); cependant, pour certaines applications typographiques, il y a intérêt à employer soit des diaphragmes de forme carrée, soit des diaphragmes à deux ouvertures. Nous verrons, en traitant des procédés typographiques, comment dans les travaux polychromes on peut, par le seul changement de la forme du diaphragme, modifier la position et la forme des points obtenus.

BIBLIOGRAPHIE.

CZAPSKI (Dr). — *Theorie der optischen Instrumente.*

DALLMEYER (T.-R.). — *The Telephotographic Lens.*

DARWIN (L.). — *Sur la méthode d'examen des objectifs photographiques à l'observatoire de Kew.*

EDER (Dr). — *Photographisches Jahrbuch.*

HOUDAILLE. — *Sur une méthode d'essai scientifique et pratique des objectifs photographiques et des instruments d'optique.*

LIESEGANG (E.-L.). — *Die richtige Ausnutzung des Objectives.*

MARTIN (Ad.). — *Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de photographie.*

MIETHE (Dr). — *Optique photographique sans développements mathématiques.*

MOESSARD. — *Optique photographique; leçons professées à la Société française de photographie.*

ROSTER. — *Note pratiche sulla Téléfotografia.*

RUDOLPH (Dr P.). — *Guide pour l'usage des objectifs téléphotographiques.*

SORET (A.). — *Cours théorique et pratique de photographie.*

CHAPITRE V.

OBTURATEURS.

§ 1. — Généralités.

1350. Qualités des obturateurs. — Un obturateur quelconque doit être doué de certaines qualités qui semblent s'exclure. Tout d'abord, l'obturateur doit être d'un transport facile; il faut de plus que pendant son fonctionnement l'appareil ne produise aucun mouvement de vibration, aucun choc qui provoquerait un manque de netteté de l'image. La manœuvre qui permet à la lumière d'arriver sur la plaque sensible doit s'effectuer sûrement et rapidement. Les deux périodes d'ouverture et de fermeture doivent être aussi courtes que possible par rapport à la durée du temps de pose total: l'obturateur doit de plus fournir facilement des durées d'exposition de 1/4, 1/6, 1/10 de seconde, durées qu'il est extrêmement difficile d'obtenir s'il faut presser deux fois la poire de déclenchement.

On rencontre plusieurs de ces qualités dans certains obturateurs : tous ne les possèdent pas au même degré; de là le nombre considérable de nouveaux instruments mis dans le commerce. Les formes les plus diverses ont été imaginées, soit pour réduire le volume des appareils, soit pour augmenter leur rendement. La distance qui existe entre les lentilles des objectifs a été fortement réduite dans les nouveaux types d'anastigmats; cette condition, très importante au point de vue mécanique, a fait renoncer à certains modèles d'obturateurs utilisables seulement avec les anciens objectifs.

1351. Classification des obturateurs. — M. le colonel Moessard[1] a divisé les obturateurs en deux grandes classes, selon qu'ils sont montés au diaphragme ou en dehors du diaphragme.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 217.

Pour les obturateurs de la première classe, il a proposé d'ajouter une troisième caractéristique aux deux qui ont été proposées par le Congrès de photographie : c'est le diamètre de l'ouverture circulaire maxima que découvre l'obturateur au moment de la pleine pose. Pour comparer rationnellement deux obturateurs, il faut faire le produit de leur rendement, tel que le définit le Congrès, par le carré du diamètre du plus grand cercle inscriptible dans leur ouverture maxima.

En donnant dans les essais d'obturateurs une même valeur à la vitesse, une même valeur à l'ouverture, et supposant que les organes mobiles de ces appareils se meuvent avec une vitesse constante (1 mètre par seconde pour la vitesse et 4 centimètres pour le diamètre du cercle d'ouverture maxima), on constate que la moindre durée d'action totale est réalisée par l'obturateur à lamelles multiples et le plus fort rendement par la guillotine double à ouvertures rectangulaires plus grandes que le diaphragme.

La *guillotine* simple et le *secteur tournant* donnent plus de pose et moins de rendement.

L'*iris* permet une pose courte ; le rendement est moindre, mais les rayons centraux travaillent plus que les rayons marginaux.

On peut admettre comme caractéristique des obturateurs de la deuxième classe (ceux montés en dehors du diaphragme) : 1° le temps de pose : c'est de lui que dépend la netteté de l'image d'un objet en mouvement ; 2° l'effet utile, ou le rapport de la quantité de lumière que reçoit un point à celle qu'il recevrait dans le même temps si aucun des rayons que lui envoie l'objectif n'était arrêté par l'obturateur : la clarté de l'image augmente avec l'effet utile ; 3° la durée totale du passage, ou le temps qui s'écoule entre le moment où les premiers rayons lumineux arrivent sur la plaque et celui où les derniers rayons la quittent : cette caractéristique permet de se rendre compte des déformations subies par les objets en mouvement.

La guillotine simple à ouverture rectangulaire constitue le seul type d'obturateur pouvant se monter en dehors du diaphragme : l'égalité d'effet sur tous les points de la plaque ne peut être obtenue que si la vitesse est constante, constance irréalisable dans la pratique. Quant à l'effet utile, il est indépendant de la vitesse et, par conséquent, correspond bien à l'idée qu'on se fait de la caractéristique d'un appareil.

Il y a avantage, au point de vue des trois caractéristiques, à mettre

la guillotine aussi près que possible de la plaque et à augmenter la hauteur de la fente ainsi que la vitesse de la chute.

L'obturateur monté en dehors du diaphragme est supérieur à tous les autres au point de vue purement technique. Il présente les avantages suivants : il n'entraîne pas, comme l'obturateur monté au diaphragme, dans la construction de l'objectif, des modifications qui ont d'ordinaire pour résultat de nuire aux qualités optiques de l'appareil; il peut servir avec n'importe quel objectif, avec n'importe quel diaphragme, en utilisant tous les rayons lumineux actifs; enfin, il est simple, facile à construire et à réparer.

§ 2. — Obturateurs montés au diaphragme.

1352. Obturateurs à guillotine. — Les obturateurs à guillotine sont les plus simples de construction, et le plus souvent on

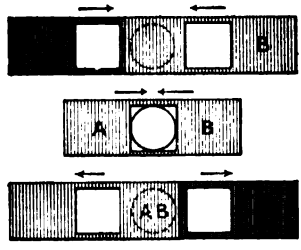


Fig. 98.

emploie la guillotine simple montée au diaphragme. Quelquefois, l'ouverture de la guillotine est de forme circulaire, bien que cette disposition ne soit pas la plus avantageuse à employer sous le rapport du rendement (I, **204**).

La guillotine à double lamelle, surtout lorsque les lamelles sont percées d'ouvertures rectangulaires, donne un meilleur rendement que la guillotine simple. Ce type d'appareil est adopté par un grand nombre de constructeurs.

Le mode de fonctionnement est indiqué dans la figure 98.

Dans l'obturateur Masson[1], qui est assez semblable à celui de Thury et Amey, deux lames en acier très mince, percées d'ouvertures circulaires, marchent en sens inverse et se meuvent dans une

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1883, p. 197.

boîte d'aluminium. Ces volets sont placés immédiatement en arrière du diaphragme ; ils sont mus par un système de leviers sur lesquels ils sont montés et sont actionnés par un ressort d'horlogerie contenu dans un barillet. La vitesse de translation de ces volets peut être réglée au moyen d'un frein.

1353. Obturateurs à secteurs. — M. Dessoudeix[1] a modifié d'une façon très pratique l'obturateur Londe-Dessoudeix (I, **94**) : l'addition d'un diaphragme iris permet d'obtenir le changement ra-

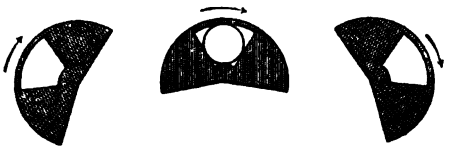


Fig. 99.

pide du diaphragme ; l'obturateur est construit en aluminium, ce qui diminue son poids sans compromettre sa solidité et le rend par là même plus portatif.

Le mode de fonctionnement de cet obturateur se comprend à la seule inspection de la figure 99.

Au lieu d'employer une simple lamelle on peut en employer deux, et cet obturateur prend quelquefois le nom d'obturateur central circulaire double ; son fonctionnement est d'ailleurs des plus simples

Fig. 100.

(*fig. 100*). L'obturateur de M. Marey rentre dans cette catégorie : il consiste essentiellement en deux lamelles symétriques, percées d'une ouverture, pivotant en un point fixe et agissant en se croisant. L'obturateur est à trois combinaisons, donnant la pose, l'instantanée peu rapide et l'instantanée à grande vitesse. Il est d'un volume très réduit, et comme il est construit en aluminium, son poids est très

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 69.

faible; on peut l'adapter facilement à toutes les chambres à main. Les lamelles, au lieu d'être directement sollicitées par le ressort, lui sont reliées par un bras de transmission ; ce qui permet de construire ces lamelles en tôle extra-mince sans crainte de les fausser. Le mouvement est très rapide à cause de leur légèreté. Grâce au peu d'épaisseur de ces lamelles, on peut monter cet obturateur sur les objectifs dont les lentilles sont très rapprochées[1]. Dans l'obturateur construit par M. Otto Lund, un diaphragme iris, placé à faible distance des lamelles, permet de simplifier la manœuvre de l'appareil[2]. L'obturateur de M. Decaux est un de ceux qui possèdent le plus grand rendement; l'ouverture et la fermeture des deux lames qui fonctionnent s'effectuent en un temps qui n'excède pas 1/400e de seconde. Cet appareil peut être adapté à tous les objectifs, même à ceux dans lesquels l'espace entre les lentilles est très restreint.

135. Obturateurs à iris. — Les obturateurs à iris sont quelquefois désignés sous le nom d'obturateurs centraux. Les lamelles

Fig. 101.

de ces obturateurs sont à mouvement alternatif ou circulaire; c'est en général au premier mode de construction que l'on donne la préférence. On prend un nombre quelconque de lamelles. Le cas le plus simple est fourni par l'obturateur à deux lamelles; chacune des lamelles démasque la moitié de l'ouverture. La pleine pose commence au moment où les lamelles sont tangentes au bord du diaphragme (*fig. 101*). Il existe un assez grand nombre d'obturateurs de ce type, parmi lesquels il convient de citer le *Saturne* de MM. Bazin et Leroy (*fig. 102*). Le mécanisme de l'appareil, enfermé dans une boîte métallique, consiste essentiellement en un anneau moteur A, entraîné par deux forts ressorts R et R', et commandant

1. *Photo-Gazette*, 1892, p. 230.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 354.

deux demi-volets V et V', associés dans leurs maniements par une bielle. Il permet de faire la pose soit en un coup, soit en deux coups de poire.

L'obturateur de M. Krauss comporte aussi deux lamelles se mou-

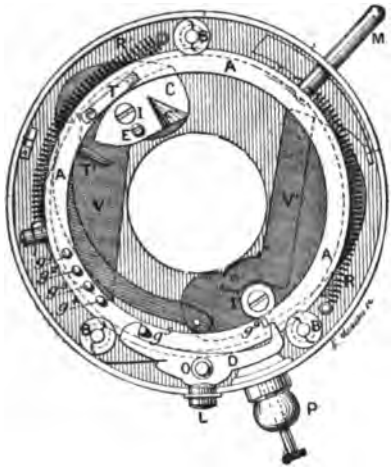


Fig. 102.

vant séparément. La vitesse de ces lamelles est considérable, le rendement est très grand, car le temps de pleine pose est huit fois plus long que le temps nécessaire pour l'ouverture et la fermeture. L'instrument est muni d'un diaphragme iris en ébonite, ce qui permet le montage de tous les anastigmats. La construction très soignée de cet obturateur renfermé dans une boîte métallique permet d'obtenir de très grandes vitesses sans que des secousses soient communiquées à la chambre noire; la netteté de l'image est donc conservée. Tout le mécanisme est renfermé dans une boîte métallique; on règle les diverses vitesses à l'aide d'un bouton moleté que l'on aperçoit sur la gauche de la figure 103. Le déclenchement peut s'effectuer soit à la main en appuyant sur une petite tige à ressort, soit à l'aide d'une poire en caoutchouc.

Dans l'obturateur de M. Pipon, le nombre des lamelles est suffisant pour constituer un véritable iris; le mouvement des lames est obtenu au moyen d'un ressort contenu dans un barillet qu'on peut déclencher à la poire ou bien en appuyant avec le doigt sur un bouton; un frein permet de modérer la vitesse du fonctionnement

dans d'assez grandes limites. Les dimensions de cet appareil sont des plus réduites. Il en est de même de l'obturateur de M. Turillon : l'instrument destiné aux dimensions de plaques les plus usuelles n'a que 8 centimètres de long, 5 de large et 4 millimètres d'épaisseur. Lorsque l'on opère avec des vitesses très faibles, une

Fig. 103.

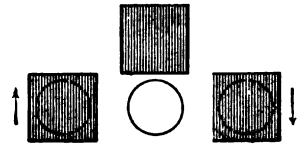


Fig. 104.

modification spéciale permet aux lamelles obturantes de s'ouvrir et de se fermer sous l'action d'un piston actionné plus ou moins rapidement, suivant la pression exercée sur la poire[1].

Les obturateurs de MM. Zeiss, Voigtlander, Clément et Gilmer, Bausch et Lomb sont des instruments plus ou moins analogues aux précédents; les uns et les autres permettent d'obtenir de bons résultats. Ils peuvent être armés sans démasquer la plaque.

1355. Obturateur à mouvement latéral alternatif. — Si l'on suppose que le nombre des lamelles de l'obturateur iris se réduise à *une,* on a une lame qui démasque tout le faisceau lumineux et revient l'obturer par un mouvement en sens inverse (*fig. 104*). L'inconvénient de ce système réside en ce que la partie latérale du faisceau qui est démasquée la première admet librement l'accès de la lumière pendant toute la durée de l'exposition, tandis que la partie opposée démasquée la *dernière* est obturée la *première;* par conséquent, la lumière agit pendant des espaces de temps qui vont en décroissant d'un bord de la plaque à l'autre.

Parmi les obturateurs rentrant dans cette catégorie, il convient de

1. *Bulletin de la Société française de photographie,* 1896, p. 29.

citer l'obturateur *à pompe*, de Laverne; la lamelle obturante (*fig. 105*) se place dans la fente du diaphragme à vannes. Les montures d'objectifs se faisant généralement avec diaphragme iris, ce type d'obturateur est à peu près abandonné aujourd'hui.

§ 3. — Obturateurs montés en dehors du diaphragme.

1356. Obturateurs à guillotine. — Les obturateurs que l'on peut monter en dehors du diaphragme peuvent être de diverses caté-

Fig. 105.

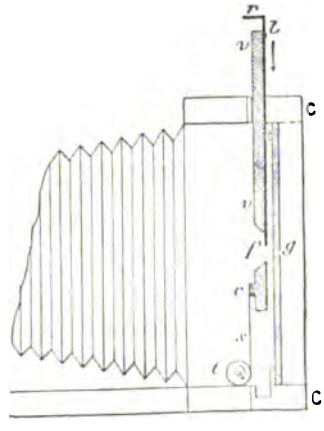


Fig. 106.

gories; les plus employés sont les obturateurs à guillotine, simple ou double. On peut disposer l'appareil : 1° entre l'objectif et la plaque sensible; ou bien, 2° en avant de l'objectif.

Guillotine simple entre la plaque et l'objectif. — La guillotine peut être placée presque au contact de la plaque sensible, ou bien presque au contact de la lentille postérieure de l'objectif. Nous avons vu qu'au point de vue du rendement, il y avait avantage à placer la guillotine aussi près que possible de la plaque, à augmenter la hauteur de la fente ainsi que la vitesse de chute.

M. Fauvel a construit, sur les indications de M. le colonel Moessard, un volet obturateur, constitué par un cadre de bois dans lequel coulisse un volet rigide, percé à sa partie inférieure d'une fente de 5 millimètres de haut (*fig. 106*); en bas du volet, on accroche à volonté le bord d'un store opaque qui s'enroule sur un tube métallique logé dans la base du cadre; un ressort spiral, enfermé dans le tube, tend à maintenir le store enroulé et le volet fermé, et à les ramener à cet état quand on les en a écartés; un pignon extérieur permet de faire varier la tension de ce ressort et sa force de rappel.

Pour armer l'obturateur, on tire le volet de bas en haut : le store se déroule et intercepte la communication optique entre l'objectif et le châssis; au bout de la course, deux petits taquets à ressort entrent dans des encoches taillées sur les tranches du volet et le maintiennent levé. On ouvre alors le châssis, on débouche l'objectif et, au moment voulu, on presse sur un petit bouton qui déclenche les taquets : le volet retombe avec une vitesse qui varie suivant la ten-

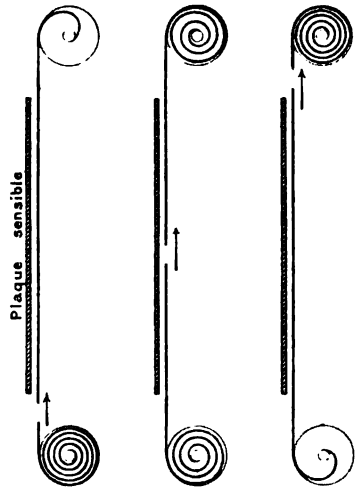


Fig. 107.

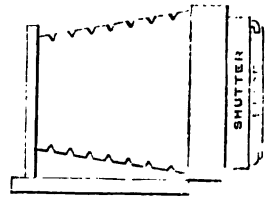


Fig. 108.

sion du ressort. La pose a duré le temps du passage de la fente devant chaque point de la plaque sensible; ce n'est que dans le cas de phénomènes très rapides que la déformation de l'image résultant du déplacement de l'objet est sensible à l'œil. (I, **264**; A, **1118**.)

M. Ponton d'Amécourt a fait construire par Belliéni, à Nancy, un

obturateur à rideau[1] : le rideau est muni d'une fente étroite qui se meut devant la plaque. Pour obtenir le maximum de rendement avec ces obturateurs de plaque, il faut : 1° disposer les bords de la fente aussi près que possible de la surface sensible; 2° que la fente soit parallèle au grand côté de la plaque. 3° Cette fente doit avoir une certaine largeur, et s'il y a lieu de diminuer la durée du temps de pose, on augmente la vitesse de translation du rideau (*fig. 107*).

On remplit très aisément ces conditions à l'aide de l'obturateur désigné par M. Thornton-Pickard sous le nom de *Focal plane Shutter*. Cet obturateur (Shutter) se place à l'arrière de la chambre noire; le châssis se monte derrière l'obturateur (Slide) (*fig. 108*).

Fig. 109.

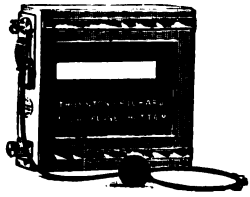


Fig. 110.

Le déclenchement s'effectue à la poire. Pour la mise au point, le rideau possède une ouverture qui est exactement de la dimension de la plaque. La fente qui permet l'admission de la lumière est de la largeur de cette plaque. La mise au point étant effectuée, on déroule le rideau et on arrive à une partie pleine qui masque la plaque; on introduit le châssis, on l'ouvre, on déclenche l'appareil et la fente passe devant la surface sensible; elle est remplacée immédiatement par une partie pleine du rideau qui protège la plaque après l'exposition et jusqu'à la fermeture du châssis. La largeur de la fente (*fig. 109* et *110*) peut être réglée dans cet obturateur de manière à obtenir des temps de pose variant de 1/20e à 1/1000e de seconde : on arrive à ce résultat à l'aide de deux petites chaînettes qui peuvent s'allonger ou se raccourcir à volonté tout en maintenant le parallélisme de la fente. Les bords de la fente sont formés par deux petits tubes métalliques dans lesquels viennent se loger les deux petites chaînes for-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 128.

mées de dix anneaux. La première chaîne, fixée par un bout à l'une des extrémités du tube inférieur, peut s'accrocher par un quelconque de ses anneaux à l'extrémité opposée du tube supérieur. La chaîne est tendue par un ressort contenu dans le petit tube : la seconde chaîne est fixée à l'extrémité de ce ressort à boudin : cette seconde chaîne peut être accrochée à l'extrémité du tube supérieur et du tube inférieur dans lequel elle est encore tendue par un ressort à boudin reliant les deux autres extrémités de chaque chaîne. Le réglage de la fente s'effectue en tirant ou lâchant les chaînes et les fixant dans une position déterminée par le nombre d'anneaux que l'on fait sortir des tubes : ce nombre doit être le même des deux côtés. La vitesse de l'obturateur se détermine d'après la lecture de la fraction marquée par l'indicateur de vitesse (*fig. 110*) : on multiplie cette fraction par le nombre d'anneaux qui sont au dehors du tube ; s'il n'y a qu'un anneau, la vitesse est celle lue sur l'indicateur : avec dix anneaux, elle est dix fois plus faible. Les négatifs obtenus en se servant de cet obturateur se développent facilement : les images sont brillantes, car la lumière ne pénètre qu'à travers la fente au moment de la pose ; la plaque est protégée par le rideau et ne peut être atteinte par les reflets qui peuvent se produire à l'intérieur de la chambre noire.

M. le capitaine Abney[1] a fait observer que cet obturateur peut donner de la distorsion pour un objet en mouvement : un homme en marche est photographié comme s'il tombait en avant ou en arrière, suivant que l'obturateur marche de haut en bas ou de bas en haut. Cette déviation de la position des objets en mouvement n'est perceptible que dans quelques cas très spéciaux. M. le capitaine Colson[2] a montré comment, à l'aide du pendule qui sert à mesurer la vitesse des obturateurs (**1361**), on peut apprécier ces déformations de l'image par la courbure de l'image du fil ; cette courbure est plus ou moins prononcée, suivant la position du fil, le sens et la vitesse de son déplacement, le sens et la vitesse de la fente du rideau. On détermine d'ailleurs facilement la vitesse correspondante de la fente d'après la durée de pose donnée par le flou de l'image du fil en face des crans et d'après la largeur connue de la fente.

M. Barisien a imaginé un obturateur de plaque constitué par une boîte ayant la forme d'un cylindre aplati. Ce cylindre peut se mou-

1. *Phot. Works*, n° 71.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 248.

voir autour d'un axe parallèle à l'une de ses génératrices et faire décrire à une fente parallèle à celle-ci la surface de la plaque sensible : à l'opposé de cette fente se trouve une ouverture suffisamment

Fig. 111.

Fig. 112.

grande pour laisser passer les rayons lumineux qui ont traversé l'objectif. La vitesse est réglée à l'aide du frein à air ; ce frein présente une grande régularité de fonctionnement et permet des vitesses très différentes ; on peut même poser par suite de cette grande régularité,

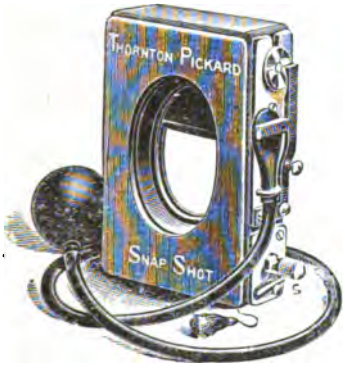


Fig. 113.

Fig 114.

qui est due aussi à ce que le mouvement rotatif angulaire décrit par la boîte, se faisant sur deux pivots, est très doux. La boîte obturatrice est très légère ; les joues sont en bois mince et les côtés en feuilles d'aluminium noirci.

L'obturateur à guillotine simple peut aussi être monté soit en avant

de l'objectif, soit entre la plaque et la lentille postérieure, presque au contact de cette dernière. Un des modèles les plus employés en Angleterre est construit par Thornton-Pickard : il est constitué par une boîte en acajou (*fig. 111*) dans laquelle se trouvent deux rouleaux placés l'un en haut l'autre en bas ; un rideau noir opaque s'enroule et se déroule à la façon d'un store sur ces rouleaux ; au milieu du rouleau se trouve une ouverture rectangulaire, un peu plus grande que le diamètre de la lentille et qui démasque celle-ci au moment de la pose. Ce même obturateur peut se placer devant l'objectif ; on le fixe alors au parasoleil. Ces obturateurs sont à vitesse variable, suivant la tension plus ou moins grande du ressort qui provoque l'enroule-

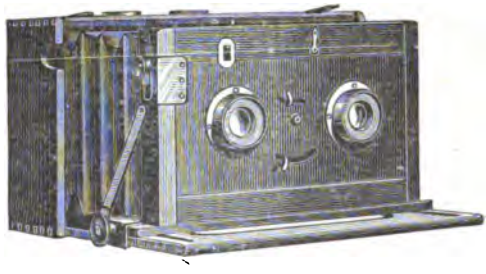


Fig. 115.

Fig. 116.

ment du rideau ; cette tension peut être modifiée en tournant le bouton *S* (*fig. 112*). Ils permettent les poses facultatives prolongées. Un modèle plus simple, très pratique pour les instantanés seulement, se place à l'avant de l'objectif (*fig. 113*) ; il est très léger, peu volumineux et très convenable pour les chambres tenues à la main. Pour l'usage de ces dernières, un rideau supplémentaire permet d'armer l'obturateur sans démasquer l'objectif (*fig. 114*).

M. Berthiot a construit, sous le nom d'obturateur planchette[1], un obturateur de volume très réduit qui se place à l'arrière de l'objectif. Le volume de l'instrument n'est guère plus grand que celui d'une planchette de chambre noire. L'obturateur est à secteur pivotant ; il se déclenche pneumatiquement ou à la main sans ébranler l'appa-

1. *Aide-mémoire de photographie* pour 1894, p. 129.

reil et possède tous les accessoires qui accompagnent les bons obturateurs ; il se construit aussi pour épreuves stéréoscopiques (*fig. 115*).

Parmi les obturateurs à guillotine double se plaçant à l'avant des objectifs, nous devons citer le *rectangle* construit par M. Dehors et le *Mignon* ; ce dernier est à double secteur (*fig. 116*). Ces obturateurs, comme ceux construits par M. H. Irunberry (*fig. 117*), sont d'un mécanisme très simple, fonctionnant bien, et sont livrés à un prix minime.

Les lamelles obturantes peuvent être indépendantes l'une de l'au-

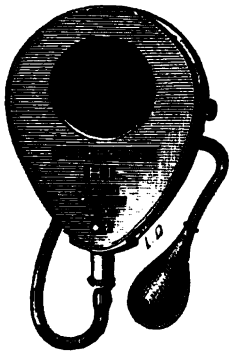


Fig. 117.

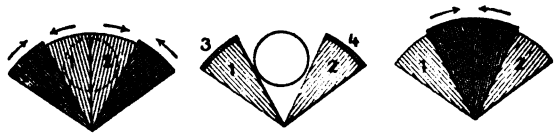


Fig. 118.

tre. M. Chavanon a construit [1], sous le nom de *Duplex*, un obturateur qui se fixe à l'arrière de l'objectif, sur la planchette de la chambre noire. Les lamelles obturantes sont formées de deux secteurs : l'un produit l'ouverture de l'obturateur, puis reste immobile ; l'autre produit la fermeture. Les différentes vitesses des lamelles sont obtenues à l'aide d'un ressort à boudin en acier qu'on tend à divers degrés marqués par un disque divisé. La pose facultative et la mise au point sont données automatiquement par ce disque lorsqu'il est ramené au zéro.

On peut aussi employer un obturateur formé de deux paires de lamelles : l'une pour l'ouverture, l'autre pour la fermeture ; en déclenchant successivement les deux paires des volets à des intervalles de temps différents, on peut augmenter le rendement (*fig. 118*).

M. Turillon a construit un obturateur très léger, à volet basculant, que l'on peut placer sur le parasoleil de l'objectif. Il se manœuvre au

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 598.

moyen d'une poire qui permet d'obtenir des poses très courtes en donnant un coup rapide sur la poire ; mais lorsqu'il s'agit d'obtenir des poses très courtes avec ce genre d'obturateur, il vaut mieux employer le double volet (I, **98**). M. Guerry, dont les obturateurs sont utilisés dans presque tous les ateliers, a modifié la construction de son obturateur : le système de volet est toujours le même, mais le

Fig. 119.

Fig. 120.

fabricant y a apporté de nombreux perfectionnements qui le rendent encore plus pratique que les obturateurs de l'ancien type ; ces derniers, surtout ceux du type à double volet (*fig. 119* et *120*), se trouvaient trop épais pour être utilisés avec les anastigmats ; l'ouverture destinée aux parasoleils des anciens aplanats était d'ailleurs trop grande. Dans les nouveaux obturateurs, le support peut monter

Fig. 121.

Fig. 122.

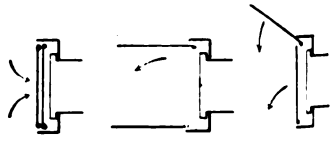


Fig. 123.

ou descendre à volonté, et pour les petits objectifs, il est joint à chaque obturateur un diaphragme qui se place dans le fond de la feuillure de l'obturateur pour en diminuer l'ouverture (*fig. 121* et *122*) ; ce nouveau support permet de fixer très solidement l'objectif, qu'il soit ou non à parasoleil. Le fonctionnement de cet obturateur se comprend à la seule inspection de la figure 123.

L'obturateur à persiennes est constitué par une série de lamelles pivotantes qui fonctionnent exactement comme certaines persiennes à lames de bois. Toutes ces lamelles, commandées par une même crémaillère, exécutent une demi-rotation sur leurs axes, ce qui permet une durée d'exposition très courte. M. Mairesse et M. Krauss ont construit cet obturateur. La petite quantité de lumière interceptée par les lamelles diminue l'éclairement de la plaque, surtout pour les rayons obliques. L'obturateur Krauss porte un système de réglage qui permet d'obtenir des durées de pose très exactes par fraction de seconde.

L'obturateur à robinet, se plaçant à l'intérieur de l'objectif, n'est plus employé, malgré la simplicité de son fonctionnement (*fig. 124*).

1359. Systèmes de déclenchement. — Le système de déclenchement le plus employé est le déclenchement à l'aide de la poire

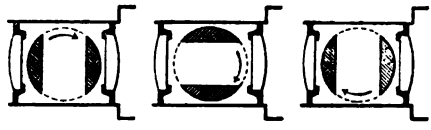


Fig. 121.

de caoutchouc. Cette poire, à l'aide d'un tube assez long, permet d'agir sur une petite poche en caoutchouc ou sur un piston; mais ce dispositif est susceptible de se détériorer par l'usage, aussi presque tous les obturateurs permettent de faire le déclenchement à la main en cas d'accident; mais s'il s'agit de poser pendant un certain temps, on ne peut déclencher par ce procédé, car en touchant l'appareil avec la main on risque de le faire remuer.

Pour éviter cet inconvénient, M. Bellieni a construit un petit piston qui peut s'adapter au-dessus du bouton de déclenchement de l'obturateur et qui le pousse quand on appuie sur la poire à laquelle il est relié par un tube souple. Le petit piston est constitué par un soufflet en caoutchouc (analogue à ceux des sonneries à air) renfermé dans un tube de cuivre muni de deux petites oreilles percées de trous qui permettent de le fixer rapidement au moyen de deux vis. L'emploi de ce petit appareil est très pratique avec certaines chambres à magasin.

§ 4. — DÉTERMINATION DES CONSTANTES D'UN OBTURATEUR.

1359. Méthodes mécaniques. — L'appareil construit sur les indications de M. le général Sébert (A, **1117**) (*fig. 125*) permet de déterminer la durée d'action totale et le rendement d'un obturateur. Un obturateur se rapproche d'autant plus de la perfection que son rendement s'approche davantage de l'unité.

La *durée d'action totale* est le temps pendant lequel les volets

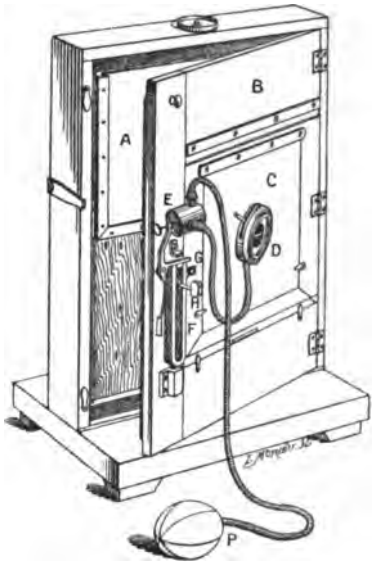


Fig. 125.

A, plaque sensible. — B, cadre d'avant portant la planchette C, interchangeable. — D, obturateur en expérience. — E, piston à triple effet. — F, diapason. — G, disque à ouverture du diapason. — H, clef pour armer le diapason. — P, poire pneumatique.

laissent passer la lumière depuis le début de l'ouverture démasquée par l'obturateur jusqu'à son occlusion complète. Le *rendement* est le rapport de la quantité de lumière que laisse passer l'obturateur à celle que laisserait passer, dans le même temps d'action, un obturateur idéal, ou, autrement dit, un obturateur de même ouverture, dont les mouvements d'ouverture et de fermeture se produiraient instantanément.

La trace laissée sur la plaque sensible varie suivant l'obturateur (**I, 202**). Voici celle fournie par le *Saturne* pour une durée d'action de 1/170 de seconde (*fig. 126*).

Ces définitions supposent que l'obturateur est monté sur le diaphragme même de l'objectif. A ces deux caractéristiques, M. Moessard a proposé avec raison d'ajouter le diamètre de l'ouverture circulaire maxima que découvre l'obturateur au moment de la pleine pose, ce qui revient à dire que pour comparer rationnellement deux obturateurs il faut faire le produit de leur *rendement* par le carré du diamètre du plus grand cercle inscriptible dans leur ouverture maxima.

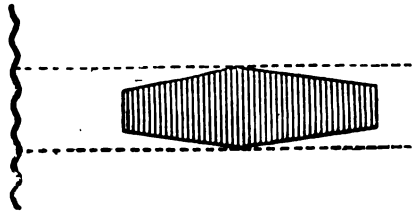


Fig. 126.

Si l'obturateur est monté en dehors du diaphragme, les caractéristiques sont : le temps de pose, l'effet et la durée totale du passage. Cette dernière caractéristique permet de se rendre compte des déformations subies par les objets en mouvement, dont toutes les parties n'apparaissent que successivement sur l'image.

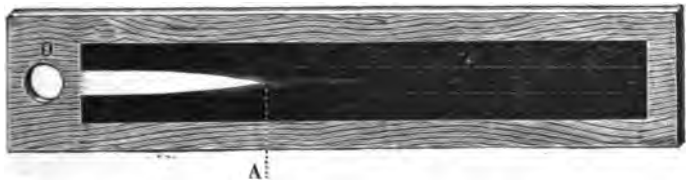


Fig. 127.

Des mesures effectuées par M. Moessard, il résulte que les meilleurs obturateurs, au point de vue purement technique, sont ceux qui sont montés en dehors du diaphragme.

1360. Procédés de M. Houdaille. — Pour déterminer la

durée exacte de l'impression qui produit l'image, M. Houdaille fait tourner à la vitesse d'un tour en douze secondes une règle munie d'un voyant de netteté constitué par deux traits parallèles. Pour que les deux traits parallèles qui concourent vers l'axe (*fig. 127*) soient encore nets sur le négatif, il faut que leur déplacement soit au plus égal à leur épaisseur, qui est de $0^{mm}5$. On examine la longueur ρ mesurée à partir du centre jusqu'à la limite de netteté, et l'on calcule le temps de pose utile t par la formule suivante :

$$t = \frac{0^{mm}5 \times 12}{2\pi\rho} = \frac{1^{mm}}{\rho}.$$

La longueur nette, mesurée en millimètres, non sur l'image, mais sur la règle, donne en fractions de seconde le *temps de pose utile* de l'obturateur, ce qui est suffisant pour la pratique.

M. Houdaille détermine aussi ce temps de pose utile en se servant d'un pendule battant la demi-seconde et parcourant un arc de 60° divisé en 50 fractions inégales correspondant chacune à $0^{s}01$. Deux perles brillantes laissent une traînée noire devant la graduation, et l'on peut apprécier parfaitement la longueur de cette traînée à $0^{div.}1$ près, ce qui correspond à $0^{s}001$: on obtient ainsi sur le négatif le temps de pose utile[1].

1361. Emploi du pendule. — M. Fleury Hermagis a construit pour M. le capitaine Colson[2] un pendule qui se déplace devant une lame taillée en dent de scie; la largeur de chaque cran a été calculée de façon à être parcourue en 1/100 de seconde. En désignant par t la durée d'une oscillation d'un pendule simple de longueur l pour une demi-amplitude α, par θ l'angle que fait le fil avec la verticale, la vitesse à un moment est

$$v = \sqrt{2gl(\cos\theta - \cos\alpha)}.$$

On peut remplacer v par le rapport de l'arc élémentaire ds au temps élémentaire dt :

$$ds = dt\sqrt{2gl(\cos\theta - \cos\alpha)},$$

et, en posant $dt = 0^{s}01$,

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 218.
2. *Ibid.*, p. 214; 1er août, annexes.

$$ds = \frac{2\sqrt{gl}}{100}\sqrt{\sin\frac{0+\alpha}{2}\sin\frac{\alpha-0}{2}},$$

formule qui permet de calculer les valeurs de *ds* qui correspondent aux différentes valeurs de 0.

En photographiant le pendule et la graduation, on peut déduire la durée du temps de pose utile de l'obturateur. Comme la largeur d'un cran est supérieure à 1 centimètre dans la région moyenne de l'arc parcouru, on peut obtenir une approximation de 0ˢ002, ce qui est suffisant dans la pratique. Ce procédé permet aussi de mesurer la durée d'éclairage des poudres-éclairs, et de déterminer *à priori*, avant d'aller sur le terrain, le maximum de vitesse angulaire des objets qu'un ensemble objectif-obturateur donné est capable de photographier avec une netteté suffisante.

M. le capitaine Abney mesure la durée d'action des obturateurs à l'aide d'un appareil assez simple. Un disque en bois supporte des plaques sensibles du format 12 × 12. Le disque tourne à l'aide d'un moteur électrique. L'objectif est mis au point sur une fente dont l'image tombe sur le milieu de la plaque, de façon à produire un anneau lumineux si l'appareil est en mouvement. Si l'on interpose un obturateur sur le trajet des rayons lumineux et que l'on fasse agir cet obturateur, l'anneau produit sera incomplet; d'un côté on aura l'image à l'ouverture, puis celle de la pose totale, et de l'autre côté l'image à la fermeture. Cette image permettra de mesurer le rendement de l'obturateur. Pour connaître la vitesse de rotation de la plaque, on emploie les procédés généraux usités en acoustique, en optique, etc. On peut aussi fixer au disque tournant un rouleau revêtu d'une plaque pelliculaire qui sert d'instrument enregistreur[1].

1363. Rendement des obturateurs. — M. Demarçay[2] a fait observer que les obturateurs dans lesquels les pièces obturantes sont animées d'un mouvement de va-et-vient les faisant revenir sur leurs pas réalisent une diminution notable de volume. La vitesse des lames, après s'être accélérée, s'annule lors de l'ouverture complète, puis repasse par un deuxième maximum pendant leur retour. On peut par ce dispositif réaliser un gain notable de rendement, tandis

1. *Phot. Work*, nᵒˢ 78-80.
2. *Paris-Photographe*, 1893, p. 2.

que dans les instruments anciens ne possédant pas le changement de sens du mouvement, il y a presque toujours une tendance à l'accélération, accélération qui équivaut à une perte de rendement par rapport au mouvement uniforme, et, dans la guillotine en chute libre, elle dépasse 30 %. D'ailleurs, le rendement dépend de la durée d'action ; une différence de vitesse a pour conséquence légitime une différence de rendement dans presque tous les cas.

BIBLIOGRAPHIE.

DILLAYE (Fr.). — *Les nouveautés photographiques.*
A. LONDE. — *La Photographie instantanée, théorique et pratique*
— *La Photographie moderne.*
VOGEL (Dr). — *Handbuch der Photographie.*

CHAPITRE VI

CHAMBRES NOIRES ET ACCESSOIRES.

§ 1. — Chambres sur pied.

1364. Chambres d'atelier. — MM. Poulenc frères ont apporté aux chambres de grande dimension, destinées aux travaux de l'atelier, diverses modifications importantes : ils suppriment la crémaillère de mise au point et la remplacent par une vis sans fin; cette vis est mue par un petit volant horizontal placé sous le chariot et d'une manœuvre facile. Lorsque la chambre est montée sur un pied d'atelier, ce volant se trouve dans le voisinage de ceux qui servent à la manœuvre des autres organes pour la mise en plaque[1]. Le chariot est muni de deux rainures entaillées dans le bois et garnies à plat de bandes de cuivre L'arrière de la chambre ainsi que le corps du milieu sont munis de galets roulants dans ces rainures; leur déplacement pour chercher le point approximatif est donc très rapide. L'avant de la chambre se fixe sur la partie antérieure du chariot; c'est cette partie de la chambre qui est actionnée par la vis sans fin : elle reçoit donc des déplacements très petits, pendant que la glace dépolie reste fixe, ce qui facilite beaucoup la mise au point définitive.

M. Gilles avait autrefois employé un dispositif analogue au précédent : ces appareils permettent une mise au point très précise. En Amérique, on remplace souvent la crémaillère par un levier agissant sur un excentrique : la mise au point s'effectue alors très rapidement. Toutes les opérations peuvent d'ailleurs être faites sans perte de temps à l'aide de ces chambres noires. La partie arrière est munie d'un adapteur automatique formé d'une glace dépolie et d'un châssis négatif, le tout adapté sur un chariot. L'ensemble étant

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 297.
2. *Ibid.*, 1889, p. 310, et 1890, p. 327.

en place, on met au foyer; il suffit ensuite de pousser le chariot de gauche à droite pour que dans ce mouvement la glace dépolie soit remplacée par le châssis négatif avec son volet ouvert : la plaque est donc prête pour la pose. On démasque l'objectif en pressant sur la poire de l'obturateur. En poussant le chariot de droite à gauche, la glace dépolie se remet en place ainsi que le châssis négatif dont le volet se trouve fermé par suite de ce mouvement. Il n'y a donc pas perte de temps entre la mise au foyer et l'exposition de la plaque. Ces châssis sont à une seule plaque. Dans les ateliers où l'on exécute beaucoup de travail, on utilise un pied d'appareil muni d'un porteur de châssis négatifs; ce porteur, mobile, contient treize rainures. Les châssis, chargés de leurs plaques, sont disposés dans le porteur, la rainure à l'extrémité droite étant laissée libre. Le premier châssis, après l'exposition, est placé dans la pre-

Fig. 128.

Fig. 129.

mière rainure; le châssis suivant, exposé, est placé dans la seconde, et ainsi de suite, cette opération laissant toujours une rainure libre entre le lot de châssis exposés et celui des châssis non exposés. On enlève le porteur et l'on change les plaques dans le cabinet noir lorsque la provision est épuisée. Ce dispositif permet de faire face sans interruption pendant toute une journée aux poses qui peuvent se présenter. L'emploi du châssis simple permet d'éviter les doubles poses sur la même plaque, accident qui peut se produire avec certains châssis doubles.

1365. Chambres de voyage. — Les chambres noires que l'on construit pour touristes doivent satisfaire à divers *desiderata* souvent difficiles à concilier. Ces chambres doivent être solides, légères,

peu volumineuses, se montant et se démontant facilement au moment de la mise en station. MM. Thornton-Pickard ont construit, sous le nom de chambre Ruby, une chambre noire très légère et à très long tirage (*fig. 128*). La base de cette chambre est munie d'une rondelle tournante qui permet d'adapter solidement le pied de l'appareil et de donner à celui-ci l'orientation convenable; sa largeur assure à la chambre noire une grande stabilité; on la fixe dans la position convenable à l'aide d'un écrou de serrage. La partie antérieure de la chambre, celle qui porte l'objectif, peut s'élever entre deux montants rigides qui sont maintenus par deux attelles de laiton; on les serre à l'aide de vis lorsque la planchette à laquelle est fixé l'objectif est dans la position verticale (*fig. 129*). Ce fixage se fait une fois pour toutes et la verticalité est obtenue automatiquement à l'aide d'encoches faites dans les bandes de cuivre; ces encoches servent à loger la vis de serrage.

La partie antérieure de cette chambre noire est plus large que

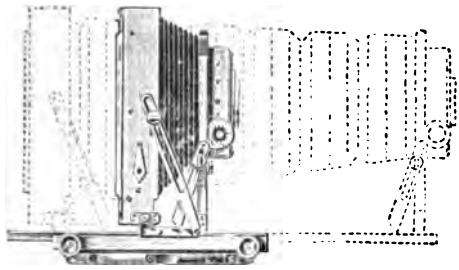


Fig. 130.

Fig. 131.

celles des chambres ordinaires à soufflet conique : ce dispositif est avantageux en ce que l'on ne risque pas d'avoir une image tronquée quand on opère avec les objectifs à grand angle; de plus, il permet d'adapter deux objectifs stéréoscopiques à écartement suffisant pour le format 13 × 18.

Le chariot de mise au point est muni de deux pignons permettant le maximum et le minimum de tirage pour les foyers longs et courts, sans modifier la disposition de l'avant et sans crainte de reproduire la partie antérieure du chariot lorsqu'on opère d'un endroit élevé. L'emploi de ces deux pignons permet d'utiliser les objectifs de long foyer comme ceux de très court foyer. Quand on se sert de ces der-

niers, on déplace la partie antérieure en la faisant glisser entre deux rainures, on la rapproche de la glace dépolie, et, à l'aide de deux vis de serrage, on la fixe à la place voulue (*fig. 130*). L'arrière et l'avant sont à bascule verticale; l'arrière est muni d'une bascule horizontale, mouvement très utile pour régler la mise au point d'objets qui se trouvent à des distances inégales de la chambre noire sur les bords de l'image. Le cadre qui porte la glace dépolie et les châssis est carré et permet d'opérer soit en hauteur, soit en largeur. L'objectif et l'obturateur peuvent être fixés à demeure sur la chambre pendant le transport (*fig. 131*).

Les châssis négatifs s'ouvrent comme un livre et peuvent recevoir

Fig. 132.

Fig. 133.

Fig. 134.

deux plaques séparées par une lame à charnière formant ressort: ils sont munis d'un marqueur spécial qui indique automatiquement si les plaques ont été exposées. Il se compose d'une sorte de petite charnière à ressort (*fig. 132* et *133*) fixée sur le châssis, de telle sorte que le rebord de la coulisse le maintient en place. Lorsqu'on tire la coulisse du châssis pour faire poser la plaque, le couvercle du marqueur se relève, poussé par le ressort de la charnière, et découvre le mot « Exposed »; il reste ainsi jusqu'au changement de plaque: on le referme à ce moment (*fig. 134*). Si par hasard on a tiré la coulisse du châssis sans faire poser la plaque, on referme le marqueur qui ne s'ouvrira qu'au moment de l'exposition.

La chambre noire est munie d'un indicateur d'aplomb qui permet de constater si la glace se trouve dans un plan vertical.

M. Mazo, M. Demaria et plusieurs autres constructeurs ont adopté un modèle de chambre noire qui est d'un faible poids et que l'on peut mettre en station très rapidement.

On peut réaliser par l'emploi du métal, à l'exclusion du bois, la construction de chambres noires très rigides et très légères. En remplaçant le laiton par l'aluminium, on peut réduire le poids de

l'appareil d'environ un quart du poids total[1]. On peut encore diminuer ce poids en construisant toute la chambre en aluminium, comme l'a fait M. Gillon. Une chambre pour le format 13 × 18 ne pèse que 800 grammes et son épaisseur est d'à peine 3 centimètres (*fig. 135* et *136*). Ce modèle est à base pliante et à crémaillère, permettant d'opérer sur pied et à la main. Dans ce cas, lorsque la mise au point a été réglée à partir d'une certaine distance pour l'objectif que l'on emploie, on peut replier l'appareil, et on retrouve toujours en l'ouvrant ce même réglage, ce qui n'empêche pas de rectifier la

Fig. 135.

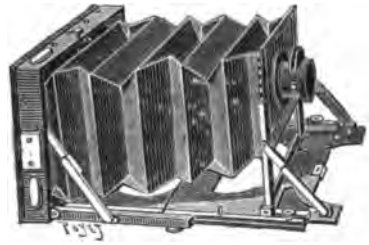


Fig. 136.

mise au point à l'aide de la crémaillère s'il y a lieu de faire cette rectification : elle s'effectue sans toucher aux écrous de calage qui règlent la position du premier tiroir de l'appareil. On ne touche à ces écrous que lorsque l'on change d'objectif; on détermine alors à nouveau l'emplacement du tiroir qui correspond à la mise au point du nouvel objectif. Les châssis doubles à rideaux qui accompagnent cette chambre noire n'ont que 17 millimètres d'épaisseur; le système employé pour fixer les glaces est très pratique. Ce même modèle de chambre noire est construit en bois d'acajou verni.

La chambre Hubert, construite par M. Dehors, possède un système d'accrochage qui fonctionne à la manière d'un étau : ce système d'accrochage assure la perpendicularité de l'axe de l'objectif et du plan de la glace sensible. Il consiste à fixer une règle biseautée placée au cadre d'arrière de la chambre, entre les mâchoires d'un véritable étau que l'on serre par une vis. Les mâchoires sont au nombre de trois et servent suivant que l'on veut accrocher le cadre porte-châssis à l'avant, au milieu ou à l'arrière de la base; ces conditions sont déterminées par la longueur focale de l'objectif qu'on emploie. Le cadre porte-châssis est muni à sa partie inférieure et sur l'une de ses faces de bandes de cuivre, biseautées, le biseau étant disposé en sens

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 32.

contraire du biseau des mâchoires de l'étau. Le cadre est donc retenu par la simple manœuvre du bouton à vis qui rapproche les mâchoires des bandes : les plaques se trouvent ainsi fortement serrées. La chambre étant construite à cône tournant, la même garniture des bandes de cuivre est placée sur le côté droit et permet de la fixer dans le sens de la largeur. L'avant de la chambre noire est muni d'un dispositif qui permet le décentrement de l'objectif soit en hauteur, soit en largeur; grâce à ce dispositif et au système de serrage, on peut décentrer l'arrière de la chambre dans des proportions suffisantes pour obtenir plusieurs vues sur la même plaque sans que les plis du soufflet viennent masquer l'objectif, ce qui a lieu avec le décentrement horizontal à l'avant. Cette chambre est munie d'une bascule à l'avant. Le format 13×18 peut recevoir un soufflet spécial avec cadre permettant de contenir un châssis 18×24, ce qui, pour cette dimension, constitue un système très léger. La chambre noire du format 9×12 représente un véritable appareil de poche : elle n'a que 0^m17 de hauteur, 0^m105 de largeur et 0^m03 d'épaisseur; son poids, avec les trois châssis, est de 880 grammes.

§ 2. — Chambres a main et a chassis indépendants.

1366. Appareils à foyer fixe. — Les chambres dites *à main* sont celles qu'on utilise sans se servir de support spécial; elles sont à *foyer fixe* et ne présentent alors qu'un avantage si l'objectif est à foyer assez court : elles ne comportent pas d'erreur de mise au point, surtout si cette mise au point a été réglée d'après la netteté obtenue dans une série d'épreuves d'essai; on n'a donc pas à se préoccuper de cette opération préliminaire. Si l'objectif est de foyer supérieur à 0^m10, les premiers plans ne peuvent être reproduits nettement s'ils sont trop rapprochés; aussi pour les distances focales supérieures à 0^m10 l'on a à peu près renoncé à la construction des chambres ne comportant pas de dispositif de mise au point.

M. le commandant Fribourg[1] a fait construire une chambre noire à main basée sur des principes en partie utilisés antérieurement pour la construction de certains appareils panoramiques. Si au lieu d'employer un obturateur fixé à l'objectif on produit l'obturation par un rideau se déplaçant tout contre la plaque sensible et percé d'une fente longitudinale étroite qui se meut avec une vitesse constante, on obtient un temps de pose bien déterminé et ne dépendant que de la largeur de la fente et de la vitesse du rideau; le rendement est aussi près que possible de l'unité et d'autant plus complet que le rideau mobile est plus rapproché de la plaque. Si l'on dispose un objectif très lumineux, de façon qu'il pivote sur la verti-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 163.

cale de son point nodal d'émergence, comme dans le cylindrographe Moessard, on pourra obtenir, par suite de la rotation de l'axe optique, une image parfaitement nette et de grande longueur dans le sens horizontal, sur une plaque sensible affectant la forme d'un cylindre vertical ayant pour axe le pivot de l'objectif et pour base un cercle de rayon égal à la distance focale de cet objectif. Dans le premier modèle construit, la rotation de l'objectif s'effectue en 0s1 pour une surface sensible de 0m09 de long; la fente a une largeur de 0m003. Cette fente n'est donc que le trentième environ du développement de la surface sensible; et comme elle parcourt tout ce développement en un dixième de seconde, il en résulte que chaque zone verticale n'est impressionnée que pendant un trois centième de seconde. Mais le rendement de cet obturateur étant très élevé on peut obtenir des instantanés à l'ombre, même par un temps pluvieux.

1367. Appareils à mise au point et à châssis. — La forme la plus usuelle de ces appareils est généralement celle d'un

Fig. 137.

Fig. 138.

coffret, le plus souvent recouvert de maroquin noir; ce coffret est muni d'une poignée et d'une courroie permettant de porter l'appareil en bandouillère. Le plus souvent, l'un des côtés du coffret se rabat et permet de faire avancer la partie antérieure du soufflet qui glisse à frottement doux sur des rainures métalliques; un index permet de fixer la position de l'objectif lorsque les premiers plans sont suffisamment éloignés et qu'il y a lieu d'opérer par mise au point automatique : on peut d'ailleurs vérifier cette mise au point à l'aide d'un verre dépoli placé à l'arrière; des vis de serrage permettent d'immobiliser ce système d'appareil connu en Angleterre sous le nom de *folding camera* (A, **1138**).

La planchette porte-objectif doit se mouvoir dans le sens de la largeur et dans celui de la hauteur. Ces appareils sont munis d'un viseur et d'un niveau sphérique à bulle d'air permettant de vérifier

l'horizontalité de l'appareil, qui permet d'utiliser des objectifs de foyers très différents (*fig. 137* et *138*). Si l'on fait usage d'objectifs à très court foyer, il est bon que la partie antérieure du chariot soit brisée à charnières : on rabat cette partie de l'appareil et rien n'empêche l'image de parvenir complète sur la plaque sensible.

Un autre modèle assez répandu est le modèle à joues pliantes (**A, 1136**). Ce modèle ne permet le plus souvent que l'emploi d'un objectif de distance focale déterminée, la mise au point se faisant à l'aide du coulant de l'objectif. Un des principaux avantages de ce modèle consiste en ce que la chambre repliée sur elle-même occupe le volume minimum.

Parmi les constructeurs qui fabriquent les chambres du premier type, il convient de citer MM. Watson et Son, à Londres, qui livrent cet appareil sous le nom de chambre *Alpha*. MM. Brichault, Clément et Gilmer, Demaria, Dehors, Fauvel, Gaumont, Gilles, Mackenstein, Poulenc, etc., construisent ce genre de chambre plus ou moins modifiée. Presque toutes contiennent les châssis à rideau enfermés dans l'appareil; il n'y a donc pas à craindre les infiltrations de lumière lorsque la plaque est démasquée.

Les chambres à joues pliantes ont été modifiées par M. Mackenstein[1]. Dans le modèle de ce constructeur, les joues sont maintenues fermées par un verrou; si on ôte celui-ci, un ressort les fait se relever et ils se mettent d'eux-mêmes en place. En agissant sur un bouton qui commande une crémaillère, on fait avancer le soufflet et on l'arrête en un point quelconque. On peut ajouter à cette chambre une séparation mobile et deux objectifs pour la transformer en chambre stéréoscopique. Les planchettes de l'avant peuvent se décentrer; elles s'enlèvent rapidement et peuvent être remplacées par d'autres portant des objectifs de foyer différent. Dans le modèle construit par M. Fauvel[2], la mise au point s'effectue à l'aide d'une crémaillère et l'une des planchettes latérales porte une graduation en millimètres sur laquelle court un index fixé au porte-objectif pour permettre la mise au point automatique. La chambre pliante de M. Brichault[3] porte une crémaillère qui peut remplacer la bascule de la partie antérieure. M. Gilles a construit, sur les indications de M. Barisien, un modèle offrant une grande stabilité : la planchette qui porte l'objectif s'adapte sur deux volets perpendiculaires l'un à l'autre; ces volets se replient l'un sur l'autre, comme dans les chambres à joues, mais ne sont plus parallèles comme dans celles-ci; lorsqu'on les ouvre, ils s'agrafent entre eux quand ils sont à bout de course; on tire alors la planchette d'objectif fixée au soufflet de la chambre, et elle vient très facilement, au moyen de ferrures spéciales qu'elle porte, s'accrocher sur les deux volets.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 336.
2. *Ibid.*, 1892, p. 469.
3. *Ibid.*, p. 330.

Les modèles usuels ont en général une épaisseur assez grande. M. Antoine[1] s'est proposé de réduire les dimensions de ces appareils. Par des assemblages très soignés et par l'emploi de ferrures qui renforcent les parties qui fatiguent, il a pu construire un modèle qui, pour le format 9×12, peut être placé dans une poche; de là le nom de *pochette* donné à cet appareil. L'épaisseur des chambres noires est d'ailleurs augmentée par l'objectif qui dépasse lorsque l'appareil est replié. M. Cadot a évité cet inconvénient en logeant l'objectif presque dans l'épaisseur de la planchette qui le supporte; cette planchette est d'ailleurs constituée par la carcasse métallique d'un obturateur, donnant à volonté la pose ou l'instantané, placé entre les lentilles. L'épaisseur totale de cet appareil, objectif compris, est de 0m028; sa hauteur, 0m15; sa largeur, 0m11. Les châssis doubles sont aussi très peu épais. La mise au point se fait très facilement en déplaçant, au moyen d'une petite glissière, la partie antérieure de l'instrument sur une échelle graduée d'avance pour différentes distances; cette chambre porte le nom de *Mignonette*.

Pour faciliter l'introduction de la chambre noire là où son usage est interdit, on a donné à ces appareils diverses formes permettant de dissimuler leur présence. M. Kauffer, au lieu de mettre la chambre noire dans un sac, a pris le sac lui-même comme appareil. La garniture en métal nickelé à laquelle est attachée la poignée du sac s'ouvre en deux parties pour permettre à l'arrière de se rabattre; l'avant du sac se rabat également et donne passage à la planchette d'objectif, qui vient s'accrocher sur des glissières en cuivre qu'elle entraîne avec elle et qui la fixent très solidement.

On a récemment repris un dispositif qui permet de remplacer les châssis ordinaires par de simples étuis de bois, de carton ou de métal. Dans la *Key Camera* de la Platinotype Company[2], un châssis s'adapte à plat sur la partie arrière de la chambre noire; on lève le châssis et la plaque glisse en se plaçant exactement au foyer. La vue prise, on retourne la chambre en sens inverse, et la plaque reprend sa place dans le châssis qui est très mince et qui, par suite, peut se loger facilement dans une poche.

§ 3. — Chambres a main a magasin.

1366. Appareils genre jumelle. — Les chambres à magasin présentent l'avantage de renfermer sous le minimum de volume un très grand nombre de plaques. C'est là un avantage lorsqu'il s'agit d'obtenir un très grand nombre de phototypes; c'est, au contraire, un inconvénient si l'on ne veut faire qu'un ou deux négatifs. On est, en effet, obligé d'emporter tout le magasin; de plus, si la nature des sujets exige l'emploi de diverses plaques (orthochromatiques, plaques lentes, etc.), il est assez long d'amener la plaque convenable devant

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 632.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1892, p. 632.

l'objectif et assez difficile d'éviter les erreurs qu'entraînent ces changements de plaque. Malgré ces inconvénients, les chambres à magasin sont très employées : les unes sont à foyer fixe, mais ce type tend à disparaître depuis que l'on construit des objectifs avec coulant gradué pour la mise au point ; les autres sont à mise au point facultative, mise au point qui s'effectue presque toujours par l'avant de la chambre noire, à cause du poids souvent considérable du magasin. Ce poids est un obstacle à la netteté des phototypes obtenus par l'emploi des appareils à main que l'on utilise en visant à hauteur des yeux ; il est, en effet, difficile de main-

Fig. 139.

Fig. 140.

tenir immobile la chambre noire pendant la pose dite *instantanée*. C'est pour ce motif que bien des opérateurs, et nous sommes de ce nombre, rejettent absolument l'emploi des chambres à magasin pour les formats supérieurs à 7×8, à moins que le magasin ne contienne un très petit nombre de plaques, ou que ces appareils soient utilisés pour viser à hauteur de la poitrine.

La forme extérieure de ces appareils est ou bien celle d'une jumelle, ou bien celle d'un coffret plus ou moins volumineux.

Le premier type de jumelle photographique destiné à obtenir des épreuves instantanées a été construit par M. Carpentier. L'appareil (*fig. 139*) a l'aspect d'une jumelle de théâtre : il se compose d'une carcasse métallique recouverte de maroquin, sur l'avant de laquelle sont montés deux objectifs : l'un, O, est un anastigmat Zeiss ; l'autre, V, sert de viseur. L'obturateur A était constitué par une lame de métal A qui dépassait à l'extérieur. Cet obturateur a été récemment modifié (*fig. 140*). Le magasin, qui contient douze plaques, est constitué par un tiroir T, dans lequel on empile les uns sur

les autres les petits cadres métalliques contenant les glaces. Un bouton B, situé sur le côté de la jumelle, termine une tige reliée au tiroir et au moyen de laquelle on peut faire passer celui-ci de droite à gauche et réciproquement. Lorsqu'une glace vient de poser et que, tenant l'appareil verticalement, on tire le bouton, la glace reste en place jusqu'au moment où le tiroir est complètement passé dans le compartiment voisin; elle tombe alors au fond de l'appareil. On repousse le tiroir et elle se trouve la dernière du paquet, tandis qu'une glace nouvelle a pris sa place et est prête à poser; un verre rouge permet de voir sur le dos des châssis quel est le numéro de la glace qui vient de poser. Pour opérer, la jumelle est placée devant les yeux, comme si l'on regardait le paysage par le côté de l'objectif; on examine la vue au travers du verre qui permet de mettre le sujet

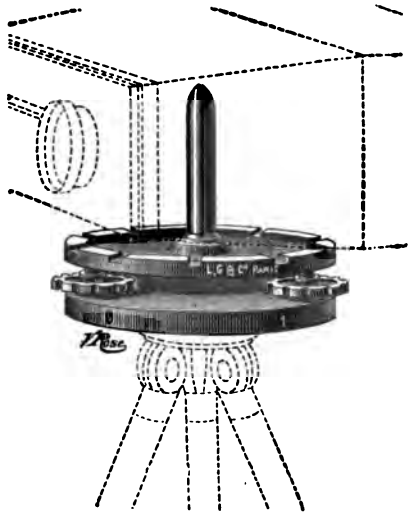


Fig. 141.

dans le cadre du viseur, cadre qui n'est démasqué qu'après l'armement de l'obturateur. Il suffit alors de presser le bouton de déclenchement de l'obturateur pour que la plaque soit impressionnée.

De très nombreux perfectionnements ont été apportés à cet ingénieux appareil. On ne pouvait faire la pose qu'en calant préalablement la glissière de l'obturateur à la pleine ouverture et en se servant ensuite du bouchon; actuellement, pour faire la pose, on adapte à l'obturateur une poire en caoutchouc. On arme l'obturateur à moitié, en arrêtant le bouton d'armement au milieu de sa course. Pour découvrir l'objectif, il suffit de presser sur la poire; tant que celle-ci reste aplatie sous le doigt, l'objectif reste ouvert; il ne se referme que quand on cesse brusquement la pression. Pour une pose très lente, on laisse lentement et progressivement la poire reprendre sa forme normale; l'obturateur ne se referme pas, et lorsqu'on veut cesser la pose, il suffit d'aplatir à nouveau la poire et la lâcher brus-

quement. Cet appareil peut se fixer sur un pied, et lorsque l'on veut par son emploi obtenir une vue panoramique, on adapte sur un pied quelconque un petit plateau circulaire horizontal (*fig. 141*) de 0m06 de diamètre portant une broche conique; la couronne extérieure de ce plateau porte une dizaine d'encoches équidistantes. Ce plateau étant muni de trois vis calantes, il est aisé d'obtenir avec un niveau de poche son exacte horizontalité, et en même temps la verticalité de la broche qui sert de pivot autour duquel peut tourner horizontalement la photo-jumelle. Grâce à un doigt métallique dont elle est munie, doigt façonné de manière à pénétrer dans les encoches du plateau support, on peut la placer dans dix orientations différentes régulièrement distribuées dans un tour d'horizon et prendre de la sorte un panorama complet.

On peut, comme l'a indiqué M. Audra [1], augmenter la durée du temps de pose de l'obturateur de la photo-jumelle en faisant remorquer par le ressort un petit poids fixé à un cordon de soie; on attache ce cordon à la manette qui sert à armer l'obturateur, et on fait passer ce cordon sur la monture de l'objectif comme sur une poulie. M. Carpentier a construit un modérateur de vitesse qui consiste en deux tubes M, l'un fixe, l'autre mobile à l'intérieur (voir *fig. 140*). Celui-ci est relié au bouton d'armement de l'appareil par une boucle métallique que l'on peut relever ou abaisser suivant que l'on veut ou non employer le modérateur. Le tube intérieur se déplace en aspirant l'air à travers l'extrémité du tube extérieur; un chapeau C vient se placer successivement devant ces ouvertures. Cette pénétration de l'air par une ouverture constitue le frein, et, par suite de la loi d'écoulement des gaz par une ouverture, le réglage est toujours constant. On peut obtenir cinq vitesses de fonctionnement de 0s2 à 0s025.

Dans certains cas, il est utile d'employer des photo-jumelles à long foyer; cete longueur focale nécessite une mise au point pour les objets rapprochés. M. Carpentier [2] a réalisé cette mise au point en montant l'appareil sur deux tubes parallèles correspondant l'un à l'objectif, l'autre au tube du viseur. Ces deux tubes portent une cannelure hélicoïdale et pénètrent dans deux autres tubes excentriques montés sur le corps de la photo-jumelle et pouvant tourner sur eux-mêmes. Ils sont mus par un pignon central placé au milieu de ce corps. En faisant tourner le pignon au moyen d'une roue molletée, on fait avancer l'avant-corps de la photo-jumelle, et l'on écarte ainsi l'objectif de la plaque sensible. Ce mouvement étant guidé par deux tubes hélicoïdaux parallèles est toujours rigoureusement parallèle à la plaque photographique; de plus, les distances de mise au point étant gravées sur une hélice le sont sur une longueur considérable, ce qui permet une mise au point très exacte.

M. Franck Valéry a construit un appareil qui, fermé, présente l'aspect d'un étui à jumelle de courses. On l'ouvre en appuyant sur deux boutons qui font écarter les parois latérales : l'arrière présente un cadre où viennent s'appliquer de petits châssis doubles ordinaires ou un châssis à rouleau de format 9 × 12. Le corps de l'appareil est entièrement en aluminium, on l'a recouvert de cuir pour lui donner l'aspect d'un étui à jumelle.

1. *Bulletin de la Société fançaise de photographie*, 1895, p. 67.
2. *Ibid.*, p. 343.

En tirant le volet, un plan incliné écarte les crochets retenant la première plaque qui tombe en avant pendant que d'autres arrêts viennent empêcher la deuxième plaque d'avancer; en repoussant le volet, la deuxième plaque est poussée par la pression des ressorts et vient automatiquement reprendre la place de la première; un compteur automatique indique

Fig. 142.

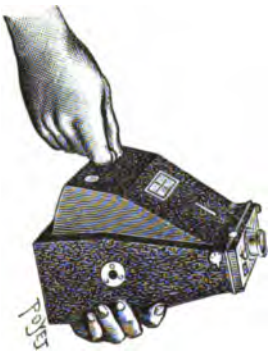


Fig. 143.

le nombre des plaques posées; la monture de l'objectif est à système hélicoïdal pour la mise au point et à diaphragme iris.

Dans la *sténo-jumelle* de M. Joux, un mode d'escamotage tout spécial

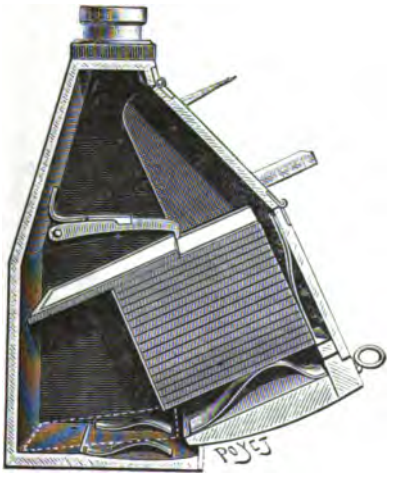


Fig. 144.

permis de réduire considérablement le volume de l'appareil. La chambre noire rappelle assez bien l'aspect extérieur de la jumelle Carpentier; mais

là s'arrête la ressemblance (*fig. 142*). Le magasin contenant les plaques est susceptible de tourner autour d'un axe parallèle à l'un des côtés de la plaque qui a été exposée (*fig. 143*). Dans ce mouvement, la plaque qui vient de poser est retenue par deux griffes (*fig. 144*); en se retirant, le magasin

Fig. 145.

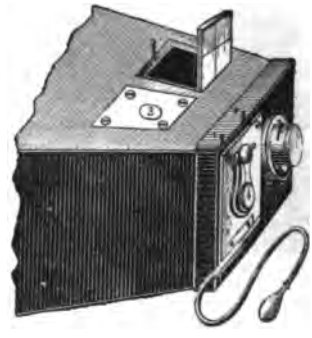


Fig. 146.

laisse disponible un volume suffisant pour permettre à la plaque de se loger au fond de l'appareil : elle s'appuie alors sur les deux ressorts qui sont au fond de ce magasin. En effectuant la manœuvre inverse, qui a pour

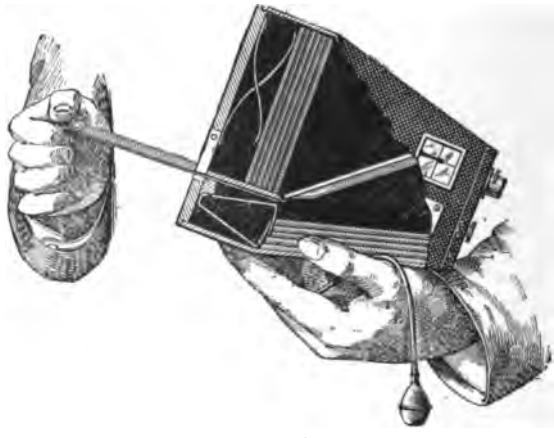


Fig. 147.

objet de remettre le magasin en place, cette plaque prend forcémen place sous les autres. Les nouveaux modèles de ces instruments sont entièrement métalliques (aluminium et laiton).

La jumelle *photo-sportive* de M. Lefèvre est du type des jumelles à magasin fixe contenant trente plaques 6,5 × 9. Un mécanisme analogue à celui employé dans les jumelles de courses rapproche ou éloigne de la

plaque l'objectif qui porte sur le tube l'indication des distances depuis l'infini jusqu'à 1m50. Cette mise au point existe aussi dans la *torgnette* de M. Schrambach, appareil qui comporte un magasin indépendant de la chambre, de sorte qu'on peut emporter un certain nombre de ces maga-

Fig. 148.

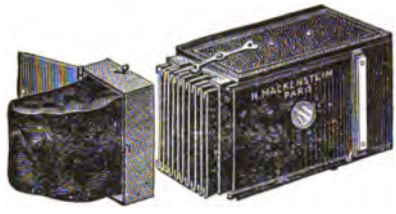


Fig. 149.

sins à cadres métalliques lorsqu'on part pour une excursion un peu longue. La manœuvre d'un rideau au moyen d'un bouton placé à l'extérieur permet de faire la substitution d'une plaque à l'autre, et ces substitutions sont enregistrées par un compteur.

Dans la jumelle mise en vente par M. Lacour (*fig. 145* et *146*) et munie du nouvel eurygraphe anastigmatique de cet habile opticien, le système

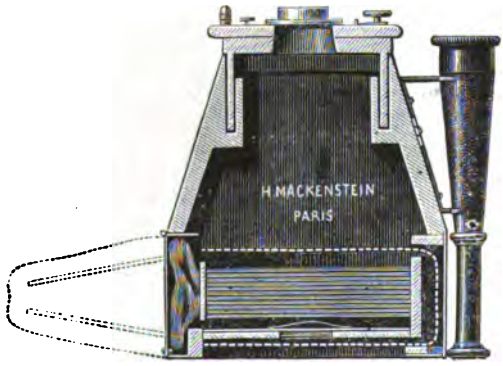


Fig. 150.

d'escamotage des plaques est des plus ingénieux : un volet sépare le magasin de l'espace réservé aux plaques impressionnées; en tirant le volet (*fig. 147*), un plan incliné écarte les crochets retenant la première plaque, qui tombe en avant pendant que des arrêts viennent empêcher la deuxième plaque d'avancer; en repoussant le volet, la deuxième plaque est poussée par la pression des ressorts et vient automatiquement reprendre la place de la première. Un compteur automatique indique le nombre de plaques

posées ; un viseur clair muni d'un œilleton pour la mise en plaque correcte du sujet permet de viser à la hauteur de l'œil ; l'obturateur à vitesse variable s'arme sans démasquer l'objectif.

Dans la jumelle Mackenstein, le magasin est indépendant et une cré-

Fig. 151.

Fig. 152.

maillère permet la mise au point à toute distance à partir de 1 mètre (*fig. 148*). L'escamotage des plaques se fait au moyen du rideau de fermeture dont chaque mouvement de va-et-vient a pour effet de faire sortir la plaque impressionnée et de la conduire dans un sac de cuir (*fig. 149*)

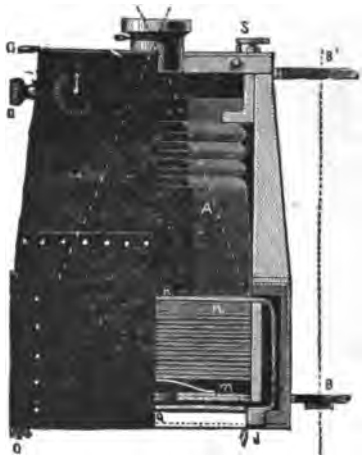


Fig. 153.

ce qui permet de saisir sur tranche le cadre métallique qui la contient (*fig. 150*) pour la placer derrière les plaques non impressionnées : cette opération s'effectue à l'abri de la lumière, dans le sac de cuir qui se trouve sur l'un des côtés du magasin. Cet appareil peut être monté sur pied

(*fig. 151*); il est muni d'un viseur clair ou du chercheur Davanne (*fig. 152*). On peut aussi employer un viseur à réflexion ou tout autre système de viseur. L'escamotage par le rideau de fermeture est un excellent dispositif employé dans un très grand nombre d'appareils à main; parmi ces derniers, il convient de citer la *simili-jumelle* Zion à mise au point facultative et qui réunit tous les perfectionnements que l'on rencontre dans les appareils de ce genre (*fig. 153*). Tous ces instruments sont construits pour les formats 6,5 × 9, 9 × 12 et stéréoscopiques.

1369. Chambres à magasin. — La chambre à main imaginée par Guitton de Giraudy est un appareil automatique dont le maniement est des

Fig. 154.

Fig. 155.

plus faciles : il suffit d'une simple pression sur un bouton pour déclencher l'obturateur, exposer la plaque, la remplacer par une nouvelle et en même temps armer l'obturateur. Cet accessoire est placé derrière l'objectif; la lamelle obturante est en forme de secteur circulaire et actionnée par un mouvement d'horlogerie que l'on remonte à fond en garnissant l'appareil, de telle sorte que l'obturateur est toujours armé. Le changement de plaque s'effectue automatiquement à l'aide d'un second mouvement d'horlogerie commandant un axe terminé par une ancre. Cette ancre maintient en place la plaque qui va poser; aussitôt que l'obturateur se referme, la lamelle obturante fait déclencher le second mouvement d'horlogerie : celui-ci se met en marche et fait fonctionner un échappement à ancre qui libère la glace venant de poser et lui permet de faire un mouvement de bascule dans lequel elle passe de la position verticale à la position horizontale en démas-

quant la plaque suivante qui se trouve dès lors prête à recevoir l'impression lumineuse. La lamelle obturante peut être animée de quatre vitesses différentes, et un dispositif spécial permet de faire les épreuves posées. Toutes les manœuvres s'effectuent avec rapidité et précision en serrant fortement contre la poitrine la face latérale gauche de l'appareil au moyen des deux mains, en réservant l'index de la main gauche pour presser le bouton de déclenchement; on peut alors viser à son aise le modèle sans regarder dans sa direction (*fig. 154*). L'objectif est un anastigmat Zeiss F/9 à mise au point par coulant hélicoïdal; les porte-plaques sont en tôle d'aluminium et, par conséquent, très légers.

M. Buisson, de Cannes, a construit un appareil pouvant contenir douze plaques ou vingt-cinq pellicules. Le changement des plaques se fait par un dispositif analogue à celui adopté dans le vélocigraphe d'Hermagis, à cette différence près que les plaques exposées tombent dans la seconde partie de la chambre, formant pour ainsi dire une boîte à glace protégée par un rideau que l'on ouvre et que l'on ferme de l'intérieur; un compteur automatique indique le nombre de plaques exposées [1].

Il existe encore plusieurs autres appareils dans lesquels le changement de plaque s'effectue par la seule pression d'un bouton ou par l'action de tirer et de repousser une tige métallique, comme dans le duodécagraphe de Cadot, le vélocigraphe d'Hermagis (A, **1137**), la chambre Maronier [2] construite par Guilleminot (*fig. 155*.)

Dans l'appareil que MM. Clément et Gilmer fabriquent sous le nom de *La Navette*, douze plaques 9×12 sont placées l'une derrière l'autre au fond d'une boîte; lorsque la pose est terminée, il suffit d'agir sur une sorte de tiroir placé à l'avant, au-dessous de l'objectif, pour que la plaque d'arrière, saisie par deux griffes, soit entraînée au-dessous des autres et vienne, par le retour du tiroir, se placer en avant. Ce mouvement en avant du tiroir arme l'obturateur et actionne un compteur indiquant le numéro de la plaque posée.

Dans la détective Henry, les plaques, après la pose, tombent dans un magasin de réserve, d'où on les retire pour les développer.

Le changement de plaque peut être fait de bien des manières dans ces divers appareils; c'est ainsi que dans le *Foligraphe* les châssis forment un tout, une sorte d'album dont les feuillets sont précisément les porte-plaques : ils se présentent successivement devant l'objectif à chaque tour d'une manette. On peut employer tout ou partie des plaques, retirer celles qui ont été impressionnées sans confusion ni erreur, puisque l'on n'a pas à toucher aux plaques non exposées.

On peut utiliser pour ce changement le mouvement de va-et-vient que l'on peut communiquer à la plaque en lui faisant abandonner après la pose la série de plaques non insolées pour la placer ensuite derrière les plaques à faire poser. M. Echassoux [3] a établi sur ce principe un appareil dont les dimensions extérieures sont à peu de chose près les mêmes que celles des plaques qui lui sont destinées. Aucune pièce importante n'est placée en

1. *Moniteur de la photographie*, 1892, p. 128.
2. *Aide-mémoire de photographie* pour 1893, p. 145.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 321.

saillie; par suite, les organes essentiels sont à l'abri des dégradations qui pourraient se produire extérieurement.

Les chambres à main construites par M. Brichault sont munies de châssis métalliques portant sur leur grand côté un fil métallique recourbé en crochet. Ces crochets pénètrent dans des guides, tandis que le côté opposé de la plaque s'applique contre une dent métallique qui se trouve en haut de la chambre. Après la pose, le crochet est soulevé et la plaque tombe dans le fond de la chambre noire.

L'appareil construit par le Comptoir suisse de photographie, et livré sous le nom de *Guillaume-Tell*, présente un mode de changement de plaque analogue à celui du *Foligraphe :* toutes les plaques sont placées verticalement à l'arrière de l'appareil. Au moyen d'une manette, on les fait tomber horizontalement au fond quand elles ont posé. Le mécanisme a été étudié pour qu'il soit impossible que la plaque refuse de tomber ou qu'au contraire il en tombe deux à la fois.

Pour diminuer l'épaisseur du magasin contenant les surfaces sensibles, M. Suter dispose les vingt plaques de son appareil 9×12 sous la chambre noire; un volet les amène successivement dans le plan focal principal, et lorsque la pose est faite les transporte dans un compartiment pouvant contenir dix glaces; quand il n'y a plus de place, on les fait passer par une manœuvre très simple dans un autre compartiment, en même temps qu'un compteur indique le nombre de plaques posées[1].

L'appareil construit par M. Mendozza présente ceci de particulier que, tout en contenant un magasin pour douze plaques, il est moins volumi-

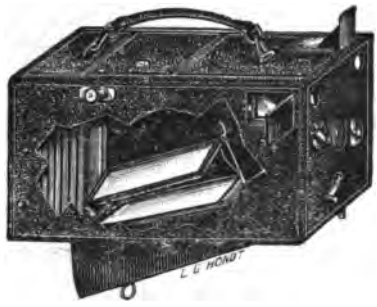


Fig. 156.

neux qu'un appareil à châssis. Le constructeur a ménagé un tiroir rentrant à l'intérieur de l'appareil et qu'il suffit de tirer à moitié pour ne pas masquer les rayons traversant l'objectif; dans cette position (*fig. 156*), les plaques placées dans des cadres métalliques basculent chaque fois que l'une d'elles a été impressionnée, et elles viennent se loger dans le tiroir rentrant. Ce tiroir est fixé à l'appareil par une charnière d'un côté et guidé à l'autre extrémité par une pièce cintrée qui décrit un arc de cercle; un

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 302.

verrou fixe le tiroir obliquement. Lorsque les douze plaques ont été impressionnées, le magasin qui les a reçues peut basculer entièrement pour permettre de les retirer dans le cabinet noir.

M. Hanau a établi un modèle d'appareil désigné sous le nom de « The Repeater » (*fig. 157* et *158*) permettant d'obtenir des épreuves de format 9 × 12. Ce modèle, qui a été imité par bien des constructeurs, permet

Fig. 157.

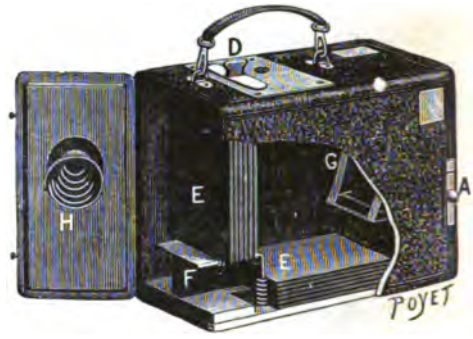


Fig. 158.

d'obtenir des épreuves très nettes. Il suffit d'agir sur un bouton pour que la plaque qui a subi l'action de la lumière soit remplacée par une nouvelle surface sensible, en même temps qu'un marqueur indique le nombre de plaques exposées; chaque plaque se loge dans un porte-plaque à crochet qui permet un escamotage et un isolement parfait des plaques. Le même modèle pour le format 4,5 × 6 est de dimensions très réduites (*fig. 159*).

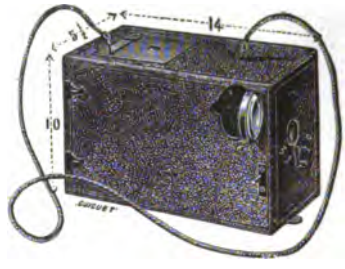


Fig. 159.

La chambre à main à répétition construite par M. Mackenstein présente pour le format 9 × 12 les dimensions suivantes : 14 × 17 × 22 centimètres. Dans cet appareil, l'obturateur est facilement réglable par une vis formant frein. Deux viseurs permettent de suivre les mouvements du sujet à photographier, suivant que l'on veut obtenir une image dans le sens de la longueur ou dans celui de la hauteur. Après la pose, on peut retirer les plaques impressionnées sans toucher à celles qui n'ont pas été impressionnées; une cloison sépare, en effet, les unes d'avec les autres.

L'appareil désigné sous le nom de Trokonnett présente un système d'escamotage tout spécial. On utilise comme surface sensible des pellicules montées sur carton noir. Elles sont fixées sur ce carton au moyen d'une bande métallique rabattue; elles portent sur deux côtés opposés deux encoches servant à caler la pellicule dans le cadre du magasin. Ce cadre se rabat comme le feuillet d'un livre, et, dans ce mouvement, abandonne la pellicule; lorsqu'on le relève, il vient saisir de nouveau une pellicule non impressionnée et la met en place pour qu'elle puisse être exposée[1].

Il convient de citer parmi les appareils utilisant des pellicules sensibles le Bull's Eye remarquable par sa légèreté : il pèse à peine 600 grammes et permet d'obtenir des images de 9 centimètres de côté sur pellicules Blair. Ces pellicules sont montées sur bobine de bois et renfermées chacune dans un étui opaque qui les protège contre la lumière. Le même mode de chargement est employé dans les nouveaux kodaks (**A. 1138**).

Fig. 160.

Fig. 161.

Il est quelquefois utile d'effectuer la mise en plaque et la mise au point sur l'image même donnée par l'objectif photographique : on peut dans ce but utiliser deux chambres ordinaires munies de deux objectifs dont l'un sert de viseur (**A. 1128**), ou bien employer des dispositifs spéciaux. M. Londe n'utilise qu'un objectif et place derrière celui-ci un prisme à réflexion totale qui renvoie l'image sur un verre dépoli disposé à la partie supérieure de la chambre noire. Au moment d'opérer, il suffit de retirer le prisme et l'image vient se former sur la plaque sensible; cette manœuvre s'effectue automatiquement par le déclenchement de l'obturateur. Il suffit d'armer de nouveau l'obturateur pour que le prisme reprenne sa place et que l'image réapparaisse dans le viseur (*fig. 160 et 161*).

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 112.

Un appareil du même genre a été construit par M. Dubosc [1]; mais la mise au point est faite à l'aide d'une lunette à double réflexion totale. Derrière l'objectif photographique se trouve un prisme à réflexion totale qui renvoie l'image sur le côté de la chambre; cette image, reçue par un second prisme, est de nouveau réfléchie, cette fois suivant l'axe de la chambre : on l'examine à l'aide d'un oculaire terrestre dit oculaire redresseur. Cette image vient se former sur une glace portant des traits en croix formant réticule et servant à la mise au point pour la vue normale de l'opérateur. Le second prisme est fixe; le premier est actionné par le mécanisme de l'obturateur et un jeu de trappe intercepte toute lumière sur les glaces sensibles pendant la mise au point.

Au lieu d'employer un prisme à réflexion totale, on peut employer un miroir incliné à 45° sur l'axe de l'objectif. Ce miroir sert d'obturateur à volet et permet à l'image de se former sur le verre dépoli tout comme

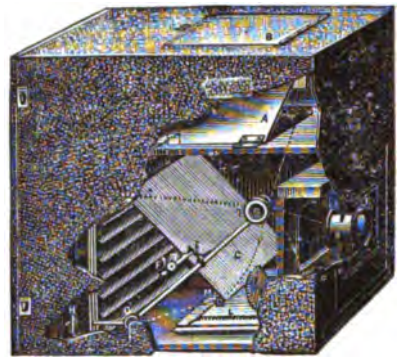


Fig. 162.

dans les viseurs ordinaires; ce verre dépoli se trouve à la partie supérieure de l'appareil. Pour la facilité de la construction du mécanisme de l'obturateur, il est bon que le miroir soit placé aussi près que possible de l'objectif : le miroir est alors tout petit, peut être déplacé rapidement et le temps de pose est très réduit. M. Smith a réalisé un dispositif de ce genre. La chambre à main de M. Smith est construite en France par M. Tourtin; cet appareil est appelé *orthoscope*. M. Loman a établi des appareils du même genre [2], et dans la *Normal-reflex-Camera* du Dr Krugener qui contient le miroir obturateur, on évite l'insuccès qui consiste à exposer deux fois la même plaque. Ce dernier appareil, construit pour les formats 9×12 et 13×18, possède un dispositif particulier qui empêche d'armer l'obturateur tant que la plaque exposée n'a pas été changée. Ces perfectionnements se trouvent réalisés dans la chambre noire qui a été construite

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 452.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1892, p. 146.

sous le nom de *semper presto camera*[1]. Cet appareil, établi par Berthiot, était disposé pour le format 9×12; l'objectif servait de viseur à l'aide d'un miroir C (*fig. 162*) qui renvoyait l'image se former sur le verre dépoli B. En pressant sur le bouton d'un levier, l'obturateur se trouve déclenché et la plaque est impressionnée; en continuant la pression, l'obturateur est armé à nouveau et la plaque est changée. Une seconde manœuvre n'est possible que lorsqu'on a ramené le levier à sa position primitive; on ne peut donc faire poser deux fois de suite la même plaque. Un compteur automatique actionné par le mouvement du levier indique le nombre de plaques impressionnées. L'obturateur est du genre des obturateurs dits *à persiennes*. Il se compose d'une série de lamelles se recouvrant et pouvant, sous l'action d'un ressort, tourner de 90° sur leur axe, de façon à démasquer la plaque contre laquelle elles sont placées. Les magasins renferment douze plaques; ils peuvent être séparés de l'appareil en pleine lumière et remplacés soit par un autre magasin, soit par des châssis : ces châssis sont disposés de telle sorte qu'en plaçant le châssis dans sa rainure l'obturateur se trouve armé en même temps que la plaque sensible est automatiquement démasquée; après la pose, le volet du châssis se referme de lui-même, de telle sorte qu'on peut le retirer de l'appareil sans aucune précaution.

Dans le photo-vélographe de M. Merville[2], la mise au point simultanée se fait à l'aide d'un objectif identique à celui qui doit former l'image sur la plaque sensible : l'un des objectifs sert uniquement à projeter l'image de la vue à photographier sur un large verre dépoli placé sur le dessus de l'appareil; le miroir qui réfléchit l'image est fixe contrairement à ce qui a lieu dans les appareils décrits plus haut. M. Français a construit un appareil du même genre.

Un certain nombre d'appareils ont été établis pour utiliser les pellicules ou papiers sensibles : les uns emploient les pellicules enroulés sur bobine, et parmi ces derniers il convient de citer l'*éclaireur*[3] de Fleury-Hermagis. Dans cet appareil, l'un des meilleurs que l'on puisse employer avec les pellicules sur bobine, un mécanisme très simple et très robuste permet, au moyen d'une seule clef, de manœuvrer simultanément et *sans râtés* le déroulement d'une même longueur de nouvelle pellicule, le pointage pour séparer les diverses vues, le numérotage et le réarmement de l'obturateur.

Pour l'emploi des plaques souples ou pellicules coupées au format 9×12, on peut utiliser avantageusement la chambre noire de M. Krugener. Cet instrument, appelé le *cinquante plaques*, renferme ce nombre de pellicules ou plaques souples placées dans une bande de papier repliée sur elle-même. Ces plaques sont maintenues par un onglet collé sur la moitié de sa largeur en bas de chaque pli : on forme ainsi un bloc de cinquante plaques. La première plaque s'appuie contre une feuille de verre transparent, sans défauts, disposée à la place de la glace dépolie; l'extrémité de la bande de papier qui contient toutes les plaques passe entre deux rouleaux placés

1. *Aide-mémoire de photographie pour* 1896, p. 115.
2. *Moniteur de la photographie*, 1892, p. 135.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 170.

derrière la plaque de verre. Si l'on tire sur cette extrémité, la pellicule sensible est ramenée dans une sorte de magasin situé à la partie supérieure de l'appareil, tandis que la pellicule suivante vient prendre sa place ; à chaque changement de plaque, on rejette le papier noir qui servait de support à la pellicule [1].

1370. Qualités des appareils à main. — Les qualités que doit posséder un appareil à main aussi parfait que possible sont souvent inconciliables; ces qualités sont relatives à l'ensemble de l'instrument qui doit toujours être prêt à fonctionner : c'est la principale raison d'être des appareils à main. La mise en plaque, la mise au point du sujet doivent être faits pour ainsi dire instantanément. Les plaques doivent être en nombre suffisant et pouvoir se substituer rapidement les unes aux autres sans erreur dans ce changement de plaques; enfin, l'appareil sera assez léger pour que l'opérateur puisse réaliser facilement le maximum de stabilité pendant la pose à la main; il sera de faible volume afin que son transport soit facile. Ces deux dernières conditions sont réalisées soit par l'emploi des pellicules, soit par l'emploi d'appareils donnant des épreuves de petit format (9×12 et au-dessous).

La durée du temps de pose doit être aussi courte que possible (et cela pour deux raisons : le sujet se déplace, l'appareil tenu à la main n'est jamais dans une position absolument stable). Cette condition impose l'emploi d'un objectif très lumineux permettant de travailler avec une ouverture égale à $f/8$ ou $f/9$ au minimum et couvrant nettement avec cette ouverture la plaque à laquelle il est destiné. Cela ne suffit pas, car les sujets que l'on photographie avec un appareil à main ne sont pas disposés sur un seul plan vertical; il faut que l'objectif *couvre* la plaque et donne avec l'ouverture $f/8$ à $f/9$ une image nette d'objets placés dans des plans souvent trop éloignés les uns des autres. Nous avons vu que ce résultat est obtenu d'une façon plus ou moins parfaite *avec un diaphragme donné* et pour *une netteté déterminée*, suivant la longueur focale absolue de l'objectif. Ainsi, avec un objectif de 0^m10 de foyer et un diaphragme $f/10$, la distance hyperfocale est à 10 mètres pour la netteté du dixième de millimètre, c'est-à-dire que si le premier plan est à 10 mètres et que l'objectif couvre la plaque, toute l'image sera nette au dixième de millimètre. Avec un objectif de 0^m05 de foyer, dans

1. *Photo-Gazette*, 1893.

les mêmes conditions, la distance hyperfocale serait de 2m50. On doit donc employer des objectifs aussi lumineux que possible, de court foyer et couvrant bien la plaque. De grands progrès ont été réalisés dans cette voie, et l'on reconnaît pour cette application l'avantage qui résulte de l'emploi des anastigmats et autres objectifs de grande ouverture. Sous ce rapport, nous estimons que les anastigmats des bons constructeurs devraient être utilisés pour les chambres à main à l'exclusion d'autres objectifs. Il est certain que les nouveaux eurygraphes Berthiot, les stigmatics de Dallmeyer, les collinéaires F/5,4 de Voigtlander, et surtout le nouveau *planar* de Zeiss rendront de nombreux services pour ces appareils. A cause de leur court foyer et de leur champ de netteté considérable, ils permettront presque toujours de supprimer l'opération de la mise au point, qui bien faite au préalable une fois pour toutes, donne des images présentant le maximum de netteté. Ces objectifs doivent être montés avec diaphragme iris.

L'obturateur doit fonctionner facilement, sans communiquer de secousse à l'appareil; il doit être à vitesse variable et à rendement *aussi grand que possible*. S'il est vrai que les obturateurs à faible rendement donnent des images dans lesquelles le déplacement du sujet est peu sensible, si on les compare à celles fournies par un obturateur à grand rendement travaillant avec le *même* objectif muni du *même* diaphragme, il est certain d'autre part que l'on peut toujours, par *un choix convenable du diaphragme,* obtenir le même degré d'immobilité apparente du mobile photographié, tout en augmentant la profondeur de champ.

Cette diminution de l'ouverture du diaphragme produit sur la formation de l'image à peu près le même effet qu'une augmentation de vitesse de la lamelle obturante; enfin, l'obturateur doit pouvoir s'armer sans démasquer la plaque sensible. Lorsqu'on opérera avec peu de lumière, par les temps sombres, on utilisera le plus grand diaphragme et l'on fera fonctionner l'obturateur au maximum de vitesse : plus le diaphragme employé est grand, plus facile devient le développement; mais l'image du mobile est moins nette qu'en employant un petit diaphragme. Si l'on diminue la vitesse de marche des lamelles obturantes, les objets à photographier ont le temps de se déplacer et les contours de l'image sont moins nets que si l'on avait employé de grands diaphragmes et une grande vitesse. La netteté de l'image pourra d'ailleurs être très suffisante pour l'agrandis-

sement si, comme le conseille M. Abney[1], on appuie l'appareil sur un objet touchant le sol. Une canne, une ombrelle, un bâton permettent d'obtenir une assez grande stabilité relative.

Le viseur dont est muni tout appareil à main doit permettre une *mise en plaque rapide* de l'image : il faut que l'on puisse déterminer exactement la vue embrassée par l'objectif.

Le changement des préparations sensibles doit pouvoir être effectué sûrement et facilement. Si l'on utilise les pellicules sensibles, le châssis à rouleaux (**1377**) est très recommandable. Pour les plaques à support de verre, on emploie soit les systèmes à magasin qui ont pour eux l'avantage d'un poids très faible et d'un volume très réduit, soit les châssis contenant une ou deux plaques : ils doivent être du système dit à *rideau*, de façon à éviter toute introduction accidentelle de lumière qui aurait pour effet de voiler la plaque sensible; l'adaptation de ces châssis à la chambre doit pouvoir se faire sûrement et rapidement. L'avantage de l'emploi des châssis réside en ce qu'ils permettent d'utiliser les plaques les plus diverses suivant la nature du sujet (ordinaires, orthochromatiques, panchromatiques, anti-halo, etc.); en revanche, le plus souvent il faut prendre note du numéro des châssis exposés, opération qui se fait automatiquement par le mécanisme de substitution des plaques auquel est joint un compteur indiquant celles qui ont été exposées.

§ 4. — Accessoires divers.

1371. Pieds de chambre noire. — La hauteur que l'on donne aux pieds de chambre noire est souvent insuffisante. MM. Gilles et fils[2] construisent cet instrument dans des dimensions telles que l'on peut placer la chambre noire à 2^m50 de hauteur et lui donner toutes les positions nécessaires, par exemple la disposer pour photographier le plancher ou le plafond d'un appartement. La chambre noire étant dans l'une ou l'autre de ces positions, la mise au point est facilitée par l'emploi d'un miroir incliné à 45° sur l'axe de l'appareil. On peut d'ailleurs, dans certaines conditions, donner à la chambre noire une inclinaison très prononcée à l'aide du dispositif employé par M. Mol-

1. *Photographie*, 1894, n° 256.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 225.

teni[1] : la tête du pied est fixée aux deux branches de l'arrière par une sorte de charnière qui est rendue mobile ou fixe par le desserrage ou le serrage d'une vis. Quand on a un certain nombre d'épreuves à faire, l'axe de l'objectif étant vertical, on emploie avec avantage le dispositif recommandé par M. Hepwoerth[2], dispositif très pratique et dans lequel la chambre noire est fixée sur un support vertical constitué par les trois arêtes d'un prisme droit à base triangulaire; une plate-forme rectangulaire, susceptible de se mouvoir de bas en haut, perpendiculairement aux arêtes du prisme, sert à recevoir une plaque de verre sur laquelle on place les objets à photographier : la transparence du verre supprime les ombres portées un peu fortes.

Les pieds à trois branches sont en général munis de pointes à leurs extrémités: mais ces pointes n'empêchent pas toujours les branches du pied de glisser sur un parquet ou sur des dalles. Plusieurs moyens permettent d'éviter cet inconvénient. Il suffit d'enfoncer l'extrémité de chaque branche dans un bout de tube de caoutchouc contenant un bouchon de liège; on

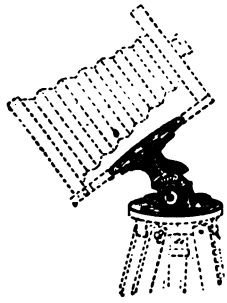


Fig. 163.

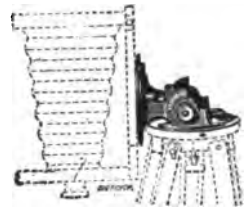


Fig. 164.

peut aussi, comme l'a fait M. Chorretier[3], placer à l'extrémité de chaque branche de petites sphères de caoutchouc qui donnent une base solide dans tous les cas.

La tête de pied établie par M. Bardin permet aussi toutes les inclinaisons de la chambre noire : cette tête porte un arc de cercle gradué qui permet un repérage facile; un niveau indique si la plate-forme est dans un plan horizontal lorsque l'index est au 0 (*fig. 163* et *164*). Le même constructeur a construit un pied à glissières continues qui offre tous les avantages des pieds à coulisse avec boîtes sans en avoir les inconvénients. La

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 656.
2. *Photo-Gazette*, 1895, p. 53.
3. *Ibid.*, 1896, p. 136.

figure 165 montre le dispositif adopté pour assurer le serrage des branches. M. Berteil[1] a établi une tête de pied du même genre.

Les pieds à trois branches sont souvent disposés de manière à présenter l'aspect d'une canne facilement transportable. MM. Poulenc frères[2], Gilles, Fauvel, Sauret et d'autres constructeurs ont établi dans ce type des pieds-cannes très légers. MM. Poulenc l'ont modifié de manière à le transformer en chevalet pour la peinture. Pour diminuer encore le poids de ces appareils sans nuire à leur solidité, on a employé l'aluminium. M. Boschmanns[3] a repris la construction du pied-canne de Pons (I, **110**). Le pied est constitué par une forte canne divisée dans toute sa longueur en trois sec-

Fig. 165.

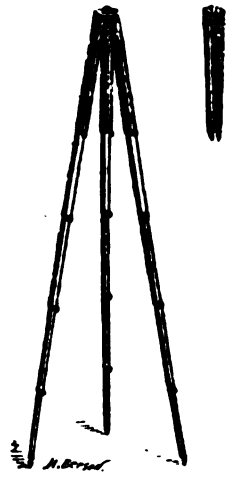


Fig. 166.

tions reliées en un point placé aux deux tiers de la hauteur et qui forme pivot; on adapte à la partie supérieure une planchette sur laquelle repose l'appareil.

Lorsque la chambre est de petite dimension, il convient d'employer le pied dit *Télescopic*. Ce pied se compose de trois séries d'un certain nombre de tubes creux rentrant les uns dans les autres comme ceux des lorgnettes : l'arrêt des tubes tirés se produit à l'aide d'un taquet à ressort. Pour faire rentrer les tubes l'un dans l'autre, il suffit d'appuyer sur un taquet. Le poids de ces pieds est d'environ 500 grammes en aluminium, 600 grammes en acier et 900 grammes en laiton. Le pied occupe, replié, un espace conique d'environ 0m35 de longueur et 0m06 de diamètre. Son transport est facile, même sur un guidon de bicyclette[4].

1. *Photo-Gazette*, 1893, p. 156.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 324.
3. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1892, p. 955.
4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 336.

Dans le système de pied à trois branches construit par M. Thornton-Pickard, les branches sont à deux ou trois brisures se déployant facilement; chacune des brisures se fixe à l'aide d'une articulation automatique (*fig. 167* et *168*). Le système particulier par lequel les branches se rattachent à la tête du pied permettent de leur donner un écartement considérable. Dans le modèle de pied à trois brisures, la branche inférieure peut coulisser comme dans tous les appareils de ce genre. La tête triangulaire sur laquelle se fixe la chambre noire est en acajou recouvert d'étoffe et un dispositif spécial permet de rabattre, dans l'épaisseur du bois qui forme ce triangle, la vis ser-

Fig. 167.

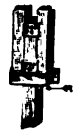


Fig. 168.

vant à fixer la chambre noire sur le pied. Cette vis peut tourner dans une douille en cuivre qui, contrairement à ce qui a lieu pour les appareils analogues, n'est pas *invariablement* fixée dans le plan de la base supportant la chambre. La douille peut tourner de 90° autour d'un axe situé un peu au-dessous du plan de cette base, de sorte que la vis et sa poignée ayant tourné de 90° viennent se loger dans une ouverture ménagée dans la base du triangle de bois.

Dans le pied-canne de M. Richard[1], la canne est formée de trois tubes triangulaires en cuivre; dans ce tube coulisse une tige pleine, également triangulaire, en aluminium. Cette tige porte, à son extrémité supérieure, un ressort-taquet d'arrêt, et le tube dans lequel elle coulisse présente le long de l'arête intérieure une série d'encoches dans lesquelles le taquet s'engage et qui permettent de régler à volonté la hauteur du pied. Lorsque les tiges sont rentrées dans les tubes, les trois branches de section triangulaire se referment et forment la partie cylindrique de la canne. Les trois extrémités sont réunies par un bouchon à baïonnette. La tête du pied constitue la pomme de la canne, laquelle est en deux parties : l'une, en corne, sert d'appui à la main; l'autre, en métal, porte l'écrou au pas du Congrès et les saillies sur lesquelles viennent s'appliquer à charnières les trois branches. Dans le pied-canne établi par M. Mackenstein, les trois portions de la canne sont constituées par des tubes d'acier[2].

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 226.
2. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1895, p. 127.

Les pieds télescopiques sont établis par plusieurs constructeurs qui ont cherché à en réduire le volume et le poids. En général, ces réductions amènent comme conséquences, soit un manque de stabilité du système, soit un manque de solidité de l'appareil, qui se fausse par suite des légers chocs qu'il est à peu près impossible d'éviter en excursion.

1372. Châssis à glace dépolie. — Presque tous les constructeurs ont adopté le châssis à glace dépolie faisant corps avec la chambre noire pendant la pose; on évite ainsi les accidents provenant de la fragilité de ce verre dépoli, que l'on remplace aujourd'hui dans les appareils de voyage par une lame de celluloïd transparent revêtu de gélatine, ou plus simplement par une lame de celluloïd translucide sur laquelle la mise au point se fait assez bien. Le seul inconvénient de ces surfaces provient de ce qu'elles ne sont pas toujours très planes; leur grain est très fin. On obtient d'ailleurs très facilement un grain de cette nature en prenant une glace sensible ordinaire que l'on immerge dans l'hyposulfite de soude, de manière à éliminer tout le bromure d'argent qui la recouvre; on lave avec soin et on plonge la glace ainsi préparée dans un bain de chlorure de baryum; l'immersion doit durer environ une demi-minute; on retire la plaque et on la plonge dans l'eau contenant soit un sulfate, soit quelques gouttes d'acide sulfurique; on maintient la plaque continuellement en mouvement, et on obtient ainsi une surface dépolie à grain très fin. On peut colorer en bleu la couche de gélatine en recouvrant celle-ci d'un vernis contenant un peu de bleu d'aniline dissous dans l'alcool. Ce vernis est d'ailleurs répandu sur le côté poli d'une glace dépolie; il permet de se rendre compte par l'examen de l'image de l'effet que fera la reproduction d'un paysage.

La glace dépolie servant à la mise au point de l'image peut se briser et on n'a pas toujours la facilité de la faire remplacer pendant une excursion. On peut la réparer par le procédé suivant : on plonge dans l'eau bouillante un oignon, on le retire de l'eau et on le presse : il sort alors une quantité abondante d'un liquide dont les propriétés adhésives sont remarquables; il suffit d'enduire de ce jus une feuille de papier mince et de la coller sur les fragments de la glace, fragments que l'on a convenablement rapprochés. Les étiquettes gommées, qui se séparent si facilement du verre, adhèrent à demeure si elles sont enduites de jus d'oignon. On peut aussi remplacer provisoirement le verre dépoli soit par du papier huilé, soit par une étoffe de fine batiste que l'on tend sur le cadre du verre dépoli; enfin, on peut étendre sur un verre une couche mince d'une substance suffisamment translucide. On peut, par exemple, rouler sur le verre avec la paume de la main

un rouleau de mastic de vitrier : on obtient ainsi une surface présentant l'aspect d'un dépoli très fin. Cette légère couche de mastic, en séchant, devient très résistante.

Il est bon que la glace dépolie porte les divisions correspondantes aux divers formats de l'image que l'on veut obtenir et un quadrillé en centimètres. Les lignes centrales de ce quadrillé seront divisées en millimètres : cette division fournira des indications très rapides, par le seul examen de l'image, sur la longueur focale de l'objectif à employer pour obtenir une bonne mise en plaque,

La mise au point exacte doit être faite à l'aide d'une loupe. L'examen de l'image dans la partie correspondant aux angles de la glace dépolie ne s'effectue pas facilement avec les loupes usuelles; pour obvier à cet inconvénient, M. Turillon a modifié la partie de l'appareil qui s'applique contre la glace : elle est formée d'une sorte de diaphragme qui reste fixe et immobile contre le verre dépoli, tandis que la loupe peut s'incliner dans tous les sens.

1373. Viseurs. — Dans les appareils à main, la mise au point s'effectue le plus souvent à l'aide d'une graduation indiquant la distance du sujet à l'appareil. La mise en plaque se fait en examinant l'image dans un *viseur*, appareil qui est constitué soit par un chercheur focimétrique du genre de celui de M. Davanne, soit simplement par une petite chambre noire. L'appréciation de la distance s'effectue à l'aide de véritables télémètres spécialement gradués pour la photographie. Parmi les appareils les plus pratiques pour atteindre ce résultat se trouvent le plésiomètre d'Hermagis et le Duhé. Ces appareils se composent d'un objectif qui envoie l'image sur un verre dépoli; une loupe dont on règle à l'avance la position par rapport à ce verre dépoli permet de voir cette image suffisamment agrandie. L'appareil étant ainsi réglé à la vue de l'opérateur, il suffit,

Fig. 169.

pour connaître la distance d'un objet à l'observateur, de viser cet objet et de faire varier le tirage de la lunette jusqu'à ce que l'image se forme nettement sur le verre dépoli; la distance cherchée est alors donnée par une graduation gravée sur le tube. Dans le plésiomètre d'Hermagis (*fig. 169*), pour obtenir le maximum de netteté, on agit sur un coulant hélicoïdal; il suffit alors de lire quel numéro a été ainsi amené en face d'un repère fixe gravé sur le tube de la lunette; ce numéro donne la distance cherchée. Si l'on utilise le Duhé (*fig. 170*) construit par M. Gaumont[1], on fait mouvoir le

1. *Photo-Gazette*, 1895, p. 255.

grand tube C de l'appareil jusqu'à mise au point de l'image sur le verre douci C; on lit alors le numéro en G affleuré par le bord du tube externe en C.

Ces télémètres, grâce à une graduation spéciale, peuvent servir pour la mise au point des téléobjectifs. Pour cet objet spécial, un des meilleurs télémètres est celui du commandant Stroobans[1]. Cet appareil permet d'apprécier avec une exactitude suffisante la distance du point où l'on stationne d'un autre point éloigné, bien visible. Lorsque le grossissement du téléobjectif est considérable, l'image est difficilement visible sur le verre dépoli;

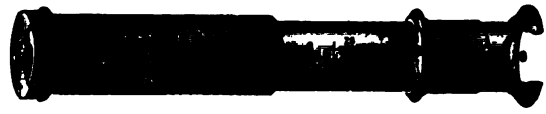


Fig. 170.

une graduation établie d'après la distance de l'objet à la plaque sensible et d'après le grossissement employé permet une mise au point très exacte.

Les viseurs les plus simples sont du type du focimètre Davanne (voir *fig. 150*); mais le cadre métallique doit limiter une image semblable à celle donnée par l'objectif. Dans certains viseurs, ce cadre est remplacé par une lentille divergente, que l'on emploie seule ou associée à une lentille convergente contre laquelle on place l'œil pour regarder le sujet à photographier. L'emploi de cet appareil suppose que l'on utilise la chambre à main en la tenant à hauteur des yeux; c'est la position la plus correcte sous le rapport de la perspective du sujet.

Les petites chambres noires qui servent de viseurs ne présentent rien de particulier; il faut graduer ces viseurs empiriquement pour déterminer les

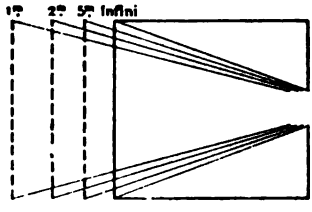


Fig. 171.

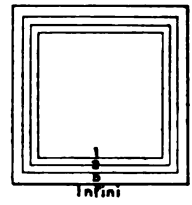


Fig. 172.

dimensions de l'image à 1 mètre, 2 mètres, 5 mètres et l'infini (*fig. 171* et *172*). Certaines sont munies d'un miroir incliné à 45° sur l'axe de la lentille qui sert d'objectif, de manière à ce que l'image se forme sur la partie supérieure de la petite chambre noire où se trouve un verre dépoli protégé par

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1895, p. 447.

un abat-jour mobile (*fig. 173*). Dans certains viseurs, le miroir est mobile, peut se rabattre, soit à la partie supérieure, soit à la partie inférieure de l'ap-

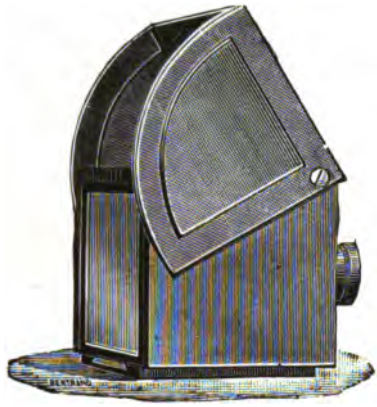


Fig. 173.

pareil : on examine alors l'image comme dans une chambre noire ordinaire. Ces images, en général, manquent de clarté et ne sont souvent pas visibles en plein soleil. Cet inconvénient n'existe pas en employant une simple len-

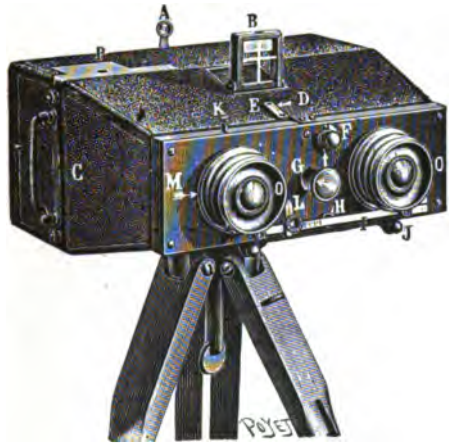


Fig. 174.

tille divergente qui, interposée entre l'œil et le sujet, réduit très notablement les dimensions de celui-ci. Cette lentille divergente B, employée dans de bons appareils tels que la jumelle Belliéni (*fig. 174*), porte deux traits en

croix permettant de déterminer le centre de l'image. M. Balbreck[1] obtient une image très brillante en employant comme objectif du viseur une lentille biconvexe, derrière laquelle se trouve un ménisque convergent. L'image formée par cet objectif est reçue sur une lentille dont l'axe se confond avec celui du système objectif, si la visée doit être faite à hauteur des yeux (*fig. 175*). Si l'on veut viser en tenant l'appareil à hauteur de la poitrine, on soulève un couvercle qui entraîne avec lui un petit miroir placé à l'intérieur de l'appareil; l'image réfléchie par ce miroir est renvoyée sur un ménisque placé horizontalement et abritée par l'abat-jour qui sert de couvercle (*fig. 176*).

Le viseur construit par M. Turillon[2] est de dimension très réduite; il mesure 35 millimètres de long, 35 de large et 10 d'épaisseur; on peut l'em-

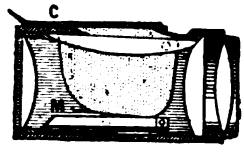


Fig. 175.

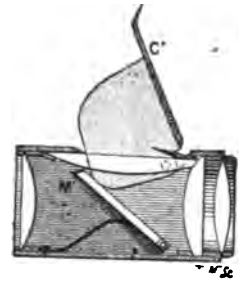


Fig. 176.

ployer en tenant l'appareil à hauteur de l'œil, et il fonctionne alors comme un viseur à lentille concave ordinaire. Si l'on tient la chambre noire à hauteur de la poitrine, on utilise le miroir métallique fixé à la monture du viseur, miroir qui se place de lui-même à 45° de l'axe de l'objectif et qui donne une image très claire et très nette. Pour opérer avec sûreté dans cette position, deux lignes perpendiculaires entre elles sont tracées sur une des surfaces de la lentille divergente; lorsque l'image de ces deux lignes, vue par réflexion dans le miroir, se superpose exactement à celle des deux lignes semblables tracées sur ce miroir, on peut être assuré que le centre de l'image coïncide avec le centre de la plaque. La monture est pourvue d'un diaphragme circulaire à ouverture rectangulaire mobile, pouvant se placer verticalement ou horizontalement, de manière à donner l'image en hauteur ou en largeur, suivant le genre du sujet. M. Lansiaux utilise comme viseur le miroir noir des paysagistes portan deux traits rectangulaires (*fig. 177*). L'image n'est pas renversée; elle est très nette.

Dans le viseur de M. Richard[3] une lentille divergente est montée à l'avant d'une petite botte métallique; derrière cette lentille se trouve une glace étamée inclinée à 45° permettant de voir l'image en regardant sur un verre poli monté à la partie supérieure de la botte sur un cadre mobile. Ce cadre

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 228.
2. *Ibid.*, 1896, p. 310.
3. *Photo-Gazette*, 1895, p. 135.

peut se rabattre en arrière (*fig. 178*) et il entraîne dans ce mouvement la glace devenue inutile qui s'étend sur le fond : il peut alors servir pour viser

Fig. 177.

en tenant l'appareil à hauteur des yeux. M. Gaumont a modifié cet appareil et lui a donné la forme représentée par la figure 179. Ce viseur permet,

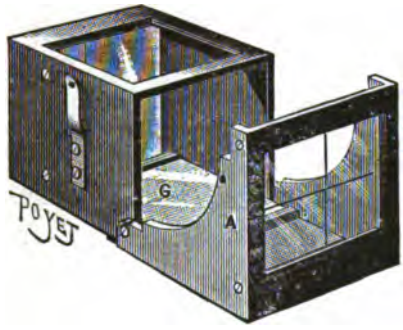


Fig. 178.

soit qu'on le tourne dans un sens ou dans l'autre, de lire la vue à prendre, soit en hauteur soit en largeur; il sert comme viseur horizontal si l'on travaille debout; si on tient la chambre noire à hauteur de la poitrine, les

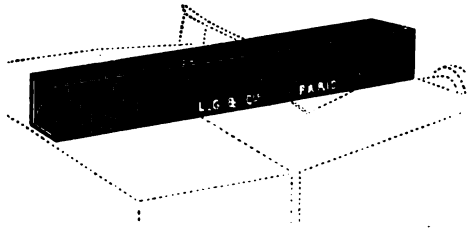


Fig. 179.

deux dispositifs dont est muni l'appareil permettent ce genre de travail; deux petits volets démasquent chacun une glace inclinée à 45°. Cette glace réfléchit très nettement l'image à reproduire dans les proportions relatives qu'elle aura sur la plaque; l'un des volets correspond aux vues en hauteur,

l'autre aux vues en largeur. Si on retourne l'appareil, et si, comme cela peut se présenter au milieu des foules, la chambre noire est placée au-dessus de la tête de l'opérateur, il apercevra encore très nettement la vue à photographier.

1374. Châssis négatifs. — L'introduction des plaques dans les châssis négatifs est une opération qui exige un certain temps; elle doit de plus être faite dans le cabinet obscur, en utilisant une lumière aussi faible que possible. Bien des dispositifs ont été imaginés pour effectuer cette opération avec rapidité et sécurité. L'un des meilleurs est sans contredit celui des châssis ouvrant comme un livre, système adopté dans les excellents appareils Watson et Son; mais ce système ne peut être employé avec les châssis à rideaux. On peut cependant,

Fig. 180.

avec le dispositif imaginé par M. Eckert, charger ces châssis[1] sans qu'on soit obligé d'ouvrir les rideaux. Le chargement se fait sur le côté droit de l'appareil; dans le bas du châssis se trouve un verrou qu'il s'agit de tirer pour que l'intérieur soit démasqué : on peut alors introduire dans celui-ci des glaces ou des pellicules sensibles.

Les châssis construits par M. Thornton-Pickard présentent une certaine analogie avec ceux construits autrefois par Jonte : le chargement s'effectue très rapidement. Après avoir ouvert le volet du châssis, il suffit de pousser la plaque sous une rainure et de l'engager sous un arrêt à ressort (*fig. 180*). Les taquets qui maintiennent la plaque sont supprimés, ce qui permet de diminuer l'épaisseur du châssis. Cette suppression des taquets a été réalisée d'une autre façon par M. Gillon : dans les châssis à rideau de ce constructeur, la plaque sensible est engagée sous une rainure; un butoir actionné par une vis sans fin maintient en place la plaque sensible, sans faire tache sur les bords de celle-ci, comme il arrive trop souvent avec les châssis à taquets.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 151.

De nombreux dispositifs ont été imaginés pour marquer d'un signe distinctif les châssis dont les plaques ont été exposées dans la chambre noire. M. Davanne a indiqué un procédé très pratique qui consiste à coller sur le volet et le cadre du châssis un fragment de papier gommé qui se déchire lorsque l'on soulève le volet et indique ainsi que la plaque a posé. Les marqueurs que l'on a imaginé pour cet objet sont peu efficaces s'ils n'agissent pas automatiquement. Un des meilleurs systèmes a été imaginé par M. Thornton-Pickard : le volet du châssis met en évidence un indicateur composé de deux plaques dont l'une tourne autour d'un axe horizontal et est maintenue ouverte par deux ressorts; avant la pose, ces deux plaques sont rabattues l'une contre l'autre et maintenues en place par la fermeture du volet. Ce dispositif très simple permet d'éviter l'exposition à la lumière d'une plaque qui a reçu une première image (voir *fig. 134*).

1375. Châssis à magasin. — On sait que les premiers châssis à magasin étaient constitués par les boîtes à escamoter; la construction de ces

Fig. 181.

appareils n'était pas suffisamment précise pour empêcher les infiltrations de lumière qui causent le voile des plaques. M. Séguy[1] a employé pour la construction d'une nouvelle boîte à escamoter des rainures et des feuillures spéciales qui s'opposent à toute introduction accidentelle de la lumière; une double crémaillère assure la marche de la partie mobile de l'appareil et un index automatique indique la plaque que l'on doit exposer; enfin, comme dans les anciens châssis à escamoter, un ressort à vis de pression vient fixer la plaque dans le châssis et l'empêche de ballotter.

Le châssis magasin à répétition imaginé par M. Hanau (I, **111**) a été perfectionné par M. Richard[2]. L'appareil est constitué par deux boîtes formant tiroir l'une par rapport à l'autre. Par un dispositif très simple, les plaques étant placées à l'intérieur, lorsqu'on tire le tiroir, celui-ci amène avec lui toutes les plaques moins une, celle qui a été impressionnée et qui se trouve la première en avant. Dès que le tiroir est tiré, la plaque restée dans la partie dormante tombe au fond, et, en repoussant le tiroir, les plaques emmenées avec ce dernier viennent se replacer au-dessus de celle impressionnée, laquelle devient ainsi et momentanément la dernière (*fig. 181*). Les perfectionnements introduits par M. Richard portent, d'une part, sur l'ouverture du châssis pour le chargement, et, d'autre part, sur l'addition d'organes inté-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 155.
2. *Ibid.*, 1895.

rieurs assurant le fonctionnement et préservant les plaques de toute introduction accidentelle de lumière.

Le châssis magasin construit par le Comptoir suisse de photographie[1] se compose de deux pièces : une boite plus ou moins haute, renfermant six, douze, dix-huit ou vingt-quatre plaques emprisonnées dans des porte-plaques, boîte fermée par le fond et par le devant au moyen de deux volets; la seconde partie de l'appareil est constituée par un châssis simple qui peut alternativement se placer : 1° à l'arrière de la chambre noire; 2° devant le châssis réservoir; 3° derrière ce châssis. Par les volets du châssis magasin, on fait aisément passer dans le châssis simple une plaque qui est ensuite exposée à la chambre noire; puis, la pose faite, on fait passer cette plaque de l'autre côté du châssis magasin; un compteur indique le nombre de plaques exposées.

1376. Châssis pour pellicules. — Les châssis magasin pour pellicules sont de deux sortes suivant qu'ils sont destinés à utiliser les pellicules découpées aux formats photographiques ou bien aux pellicules sans fin enroulées sur une bobine dont la hauteur correspond à l'un des côtés de la plaque.

Le châssis à répétition imaginé par M. Balagny[2] peut contenir vingt-quatre pellicules ou plaques souples; au moyen d'un petit instrument livré avec le châssis, chacune de ces plaques est introduite dans une chemise spéciale à rideau ayant environ 2 millimètres d'épaisseur et portant par derrière un numéro. Quand une plaque a posé, on referme le rideau (car c'est un véritable châssis simple à rideau); puis, après avoir mis en position deux clefs qui commandent le châssis, on tire le rideau qui est utilisé pour faire passer la plaque souple derrière le châssis, de sorte que la plaque n° 1 vient se mettre dos à dos avec la plaque n° 24, la plaque n° 2 dos à dos avec le n° 1 et ainsi de suite. Si l'on s'arrête là dans son travail, on ouvre la partie postérieure du châssis, on enlève les deux plaques posées et on les remplace par deux autres afin que le châssis ne travaille jamais à vide, puisque son mécanisme est établi pour fonctionner avec une épaisseur déterminée. Pour assurer le fonctionnement de l'appareil en cas de manque de plaques souples, on peut remplacer celles-ci dans leurs chemises respectives par une feuille de papier.

Le châssis magasin de M. Planchon est particulièrement avantageux pour l'emploi des pellicules auto-tendues; l'appareil peut contenir quatre douzaines de pellicules. Si l'on désire en mettre un nombre moins grand, on remplace les douzaines qui manquent par de petits caissons très légers en carton, tenant exactement la place d'une douzaine et construit spécialement dans ce but. Les pellicules placées les unes derrière les autres sont séparées par des cartons noirs. Le châssis porte à sa partie supérieure un sac en étoffe souple et parfaitement étanche, dans lequel on fait passer les plaques qui ont posé en soulevant, à l'aide d'une crémaillère mue par un bouton extérieur, les pellicules qui ont été exposées; on amène ces pellicules derrière celles qui sont prêtes à poser. On peut aussi utiliser ce châssis pour les

1. *Revue suisse de photographie*, 1896, p. 97.
2. *Moniteur de la photographie*, 1892, p. 123.

glaces ordinaires; la manœuvre est la même que s'il s'agissait de pellicules.

Le châssis magasin de M. Cerutti, de Grenoble, est un appareil du même genre. Les glaces ou les pellicules sont contenues dans des cadres très légers, en aluminium, et un compteur placé sur le côté du châssis inscrit le nombre de plaques qui ont été exposées; l'aiguille est fixe et le cadran tourne au fur et à mesure des plaques découvertes par le seul mouvement du volet; la glace exposée passe dans un sac de peau et va occuper le dernier rang.

Des châssis magasin du même genre sont employés dans les jumelles photographiques de Mackenstein, Zion, etc. Le changement de plaque s'effectue très simplement et très régulièrement à l'aide de ces appareils

1377. Châssis à rouleaux. — Le châssis à rouleaux construit par M. Mackenstein renferme un marqueur à peigne qui détermine d'une façon bien nette la séparation entre chaque négatif. Le peigne perce automatiquement la surface sensible quand la quantité suffisante de pellicule a été déroulée; de plus, un compteur numérote les pellicules à mesure qu'elles posent. Ce résultat est obtenu au moyen de deux petits disques de tôle dans lesquels les chiffres sont découpés à jour. Le bord de la pellicule sensible étant engagé sous ces disques, le numéro se trouve imprimé par l'action de la lumière et apparaît au développement. Le premier disque donne un numéro d'ordre à chaque pellicule de 1 à 12 et le second numérote chaque série de douze; les mêmes chiffres apparaissent à l'extérieur du châssis, de telle sorte que l'opérateur peut prendre des notes sur chaque négatif qu'il sera toujours sûr de reconnaître au développement. Le mouvement métallique supportant les rouleaux peut s'enlever très facilement de la boîte en acajou qui le renferme. Cette boîte se ferme d'un côté par un tiroir à coulisse, et de l'autre côté par un rideau qui couvre et découvre la pellicule.

Le châssis de M. Masson se compose d'un rouleau magasin où se trouve enroulée la pellicule à impressionner, d'un rouleau tendeur et pointeur en aluminium, d'un rouleau récepteur sur lequel la pellicule impressionnée et pointée vient s'enrouler, enfin, d'un compteur automatique visible à l'extérieur, actionné par le rouleau tendeur. Tout ce mécanisme se trouve enfermé dans un châssis à rideau de la grandeur d'un châssis ordinaire[1].

M. Jullien[2] a imaginé un châssis à rouleaux doubles, c'est-à-dire contenant deux bobines chargées de pellicules. La surface à impressionner, enroulée sur la bobine n° 1, se déroule devant la face n° 1 du châssis; cette surface peut être exposée à la lumière en ouvrant le volet n° 1.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 155.
2. *Paris-Photographe*, 1893, p. 138.

Lorsque la pellicule qui forme la bobine a été exposée à l'action de la lumière, on replace le volet, on retourne le châssis pour que la face n° 2 soit à l'intérieur de la chambre noire, on utilise la bobine n° 2, qui se déroule sur la face n° 2. A l'aide de ce système, on utilise deux rouleaux de pellicules pour une même épaisseur de châssis. Ce résultat est obtenu en faisant ouvrir le châssis par le milieu dans le sens de la longueur. Les deux parties contenant chacune un jeu de bobines sont semblables et symétriques par rapport à un plan passant par le milieu du châssis. L'appareil démonté ressemble à celui que l'on obtiendrait si l'on accolait dos à dos deux intérieurs de châssis à rouleaux ordinaires en logeant les bobines dans l'espace laissé libre à l'intérieur.

Les bobines de pellicules ou de papier que l'on emploie aujourd'hui sont disposées de telle sorte que leur mise en place et leur extraction du châssis à rouleaux puissent être effectués en pleine lumière. On parvient à ce résultat en collant à chacune des extrémités de la bande de pellicule une certaine longueur de bande de papier noir qui, au début de l'opération, recouvre toute la pellicule et qui, à la fin, s'enroulant sur la pellicule exposée, la préserve de l'action de la lumière.

Il est utile, lorsqu'on possède des châssis doubles de formats divers, de faire établir un cadre intermédiaire construit de façon à s'adapter à la plus grande chambre et pouvant recevoir les châssis de plus petit format. Cet accessoire est des plus pratiques et, avec une même chambre, permet d'utiliser les châssis établis par divers constructeurs.

1378. Poids et volumes des plaques et pellicules. — L'avantage qui résulte de l'emploi des papiers ou des pellicules provient de leur poids très faible et de leur volume relativement réduit; c'est ce que montrent les chiffres suivants :

Une douzaine de plaques Lumière 13 × 18 pèse 1,340 grammes.

Une douzaine de plaques orthochromatiques du même fabricant pèse 1,290 grammes.

Une douzaine de plaques Edwards 13 × 18 orthochromatiques pèse 1,250 grammes.

Une douzaine de pellicules Edwards 13 × 18 pèse 200 grammes.

Une douzaine de plaques Lumière 9 × 12 ordinaires pèse 660 grammes.

Une douzaine de pellicules Edwards orthochromatiques pèse 110 grammes.

On voit donc qu'en moyenne, pour ces deux formats, le poids d'une douzaine de plaques est six fois plus considérable que celui d'une douzaine de pellicules de même format.

Il y a moins de différence pour le volume : en effet, six douzaines de pellicules 13 × 18 forment un paquet de $0^m20 \times 0^m16 \times 0^m04 = 1{,}600$ c. c.

Une douzaine de plaques 13 × 18 occupe un volume de $0^m14 \times 0^m19 \times 0^m04 = 1{,}064$ c. c.

Six douzaines de pellicules 9 × 12 forment un paquet de $0^m15 \times 0^m10 \times 0^m05 = 975$ c. c.

Une douzaine de plaques 9 × 12 occupe un volume de $0^m13 \times 0^m10 \times 0^m04 = 520$ c. c.

On peut donc dire que le volume d'une douzaine de plaques est, en

chiffres ronds, quatre fois plus considérable que le volume d'une douzaine de pellicules[1].

1379. Photomètres. — Les photomètres dont l'emploi a été proposé ont pour objet de déterminer le temps pendant lequel il convient d'exposer soit la plaque sensible destinée à fournir le phototype, soit le papier qui doit donner une photocopie. Ces appareils n'ont pas de valeur au point de vue scientifique; ils peuvent cependant fournir des résultats assez approchés pour les besoins de la pratique.

MM. Hurter et Driffield[2] ont fait connaître sous le nom d'« actinographe » un appareil destiné à déterminer le temps de pose des plaques photographiques. Le degré de l'actinographe, pris comme unité de lumière, correspond à la centième partie de la lumière diffuse la plus brillante possible quand l'altitude du soleil est 90°. Ces degrés sont inscrits sur un petit cylindre contre lequel glisse une échelle portant d'un côté les différents rapports d'ouvertures généralement employés par rapport à la longueur focale des objectifs, et de l'autre les différents temps de pose, depuis un vingtième de seconde jusqu'à une minute. Une seconde échelle mobile indique les conditions atmosphériques; au bas de cette échelle est placée une petite marque que l'on met en regard du numéro correspondant à la rapidité des plaques employées.

M. Decoudun a construit deux petits instruments qui facilitent l'appréciation du temps de pose; tous les deux sont basés sur la disparition d'une tache lumineuse. Dans l'un, une simple visée du sujet qu'il s'agit de photographier donne le degré de lumière qui doit impressionner la plaque. La disparition de la tache lumineuse est provoquée par l'écartement de deux tubes coulissant l'un dans l'autre. Le chiffre correspondant au curseur indique la valeur de la lumière réfléchie par le sujet et les diaphragmes qu'il faut employer. Si au n° 1 le point lumineux n'est pas visible, c'est que l'obtention d'une épreuve instantanée n'est pas possible et qu'il n'y a pas lieu d'exposer une plaque. Le second modèle est spécialement gradué pour les vues posées et porte un dispositif spécial de loupe qui permet, tout en l'appliquant sur le verre dépoli, de mettre au point et de lire la durée du temps de pose qui sera nécessaire.

Dans le photomètre désigné sous le nom de contrôleur de tirage Fernande, on observe la teinte que prend, sous l'influence de la lumière, une feuille de papier préparée aux sels d'argent. L'appareil se compose d'une échelle opaque noire dans laquelle sont percées dix ouvertures carrées, recouvertes d'un verre jaune dont la teinte va s'accentuant du n° 1 au n° 10; sur le côté de la plaque supérieure portant la graduation se trouve un index coulissant sur une petite tringle métallique. Lorsqu'on veut procéder à un tirage, on place sur un petit coussin de feutre qui se trouve entre les deux plaques une bande de papier de même préparation que celui employé pour le tirage; quand la première photocopie est arrivée à l'intensité voulue, ce qu'on vérifie en ouvrant le châssis comme à l'ordinaire, on observe quelle est l'ouverture carrée de l'appareil qui présente une

1. *Wiener photographische Blatter*, septembre 1891.
2. *Photo-Gazette*, 1892, p. 231.

teinte égale à celle du fond (cette constatation doit être faite sans l'ouvrir) ; on place l'index en regard de cette ouverture. Toutes les fois que l'on exposera à la lumière l'instrument et le châssis en même temps, l'épreuve sera suffisamment imprimée lorsque la teinte numérotée dans le premier essai sera obtenue.

Dans l'actinomètre appelé le *Perpétuel*, M. Abel a utilisé la régénération du chlorure d'argent blanc par l'action du chlore dans l'obscurité. Cet instrument présente une teinte normale. Si le chlorure d'argent est trop long à prendre la teinte normale, on doit s'abstenir de faire de la photographie instantanée.

1380. Laboratoires portatifs. — M. Schittenheim utilise comme laboratoire de voyage une armoire portative très légère, composée de quatre cadres de 2 mètres de hauteur sur 1m20 de largeur. Ces panneaux, tendus d'étoffe, constituent une véritable cabine rigide dont le toit, en toile imperméable, peut contenir environ trente litres d'eau, quantité très suffisante pour les premiers lavages. La cabine repose sur une toile cirée ; un des panneaux sert de porte et est muni de guichets en verre rouge et jaune glissant l'un sur l'autre. Des étagères et une table montée à charnières reçoivent les diverses cuvettes et les produits ; un seau recueille les liquides employés ; une petite lampe complète l'installation. La fermeture hermétique est assurée par l'étoffe même qui est collée et non pas clouée sur les montants des cadres ; ceux-ci sont en jonc. Il suffit de cinq minutes pour monter ou pour démonter cette armoire. L'avantage de ce système consiste en ce que le photographe, aussi bien en plein air que dans un hôtel, a le moyen de charger ses châssis en toute sécurité et de procéder au développement dans les cas urgents[1]. M. Dehors a construit un laboratoire du même genre.

S'il s'agit de changer simplement les plaques sensibles, on utilisera avec avantage le laboratoire de MM. Nardin et Dufrénoy[2]. Ce laboratoire est constitué par une double armature de parapluie en étoffe rouge inactinique : l'une des armatures sert de toit, l'autre sert de fond. Le montage se fait aussi rapidement que l'ouverture d'un parapluie. Ce laboratoire peut être suspendu à un arbre ou être placé sur une table quelconque.

1381. Éclairage du laboratoire. — L'étude de la lumière employée pour l'éclairage des laboratoires dans lesquels on manipule les surfaces sensibles a été entreprise par M. le capitaine Houdaille[3]. Les expériences ont été faites avec, comme source de lumière, une petite lampe, genre Pigeon, brûlant, non pas de l'essence, mais du pétrole, à raison de 4 grammes à l'heure, et correspondant, comme intensité, à une bougie ou 1/10 de lampe étalon. Cette petite lampe a été choisie comme unité de lumière, aussi bien au point de vue photométrique qu'au point de vue actinique. Le pouvoir photométrique a été mesuré par les dimensions de caractères im-

1. *Paris-Photographe*, 1892, p. 151.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1891, p. 844.
3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 586.

primés en noir sur fond blanc, ou en blanc sur fond noir que la lumière permet de distinguer : avec une vue moyenne on peut lire à 0m50 le texte courant du journal *le Figaro*, éclairé par une bougie placée à 2 mètres, ce qui revient à dire que l'unité de lumière placée à 2 mètres permet de distinguer, à 1 mètre de distance, deux points blancs sur fond noir de 1 millimètre de diamètre, séparés par le même intervalle. L'intensité photométrique est inversement proportionnelle au carré des distances de l'œil ou de la source de lumière aux points visés.

Pour l'intensité actinique, M. Houdaille prend comme unité l'action produite pendant une seconde par une bougie placée à 1 mètre sur une émulsion au gélatino-bromure, non orthochromatique, dont la sensibilité équivaut à 25° Warnecke.

Le mètre et la seconde ont été choisis comme unité de temps et de distance. M. Houdaille a constaté que l'action d'une lumière de 100 bougies pendant une seconde était beaucoup plus forte que celle d'une bougie pendant 100 secondes; aussi, tous les essais ont été faits en rapprochant la lanterne de façon à obtenir une intensité constante égale à celle d'une bougie placée à 1 mètre.

Le voile de la plaque se produit toujours à la longue, car il n'existe pas de lumière complètement inactinique. Le verre coloré interposé sur le parcours de la lumière blanche est tout à fait comparable à un filtre, à grains plus ou moins fins, qui serait chargé de trier des matières différentes tenues en suspension dans un liquide. Au lieu de particules solides, il s'agit ici de vibrations plus ou moins rapides, vibrations chimiques ou vibrations physiques. En mesurant l'intensité physique de la lumière filtrant au travers de ce verre, l'intensité actinique dans les mêmes conditions, et prenant le rapport de ces deux intensités, on obtient un chiffre qui donne la valeur de la lumière transmise par ce verre, en prenant la lumière blanche comme unité. Les mesures effectuées par ce procédé ont démontré que l'examen spectroscopique d'un verre ne suffit pas pour indiquer ses qualités et les services qu'il peut rendre pour l'éclairage d'un laboratoire. L'assimilation des verres colorés aux couches filtrantes a conduit M. le capitaine Houdaille à examiner les avantages qui pourraient résulter de l'utilisation de 2, 3, 4, 5 verres superposés; il a ainsi constaté qu'en employant quatre verres jaunes très clairs superposés, on obtient un éclairage supérieur à celui qui est fourni par un verre rouge laissant passer la même quantité de lumière, mais employé seul.

Pour mesurer le voile, M. Houdaille se sert d'un chiffre de 0m02 découpé sur cuivre qu'il applique sur le côté gélatiné de la plaque; le tout est exposé à la lumière et la plaque développée à fond : si l'on ne peut lire le chiffre qu'avec difficulté, on admet que le voile est négligeable. Le matériel pour ces essais se compose d'une lanterne éclairant un angle de 100° dans le sens vertical et de 78° dans le sens horizontal, d'un banc gradué, d'une mire pour l'essai photométrique et d'un châssis positif à douze cases permettant de faire, sur une même plaque 9 × 12, douze poses différentes en modifiant les verres et les foyers d'exposition. Avec les plaques Lumière, étiquette bleue, ou d'autres marques d'une sensibilité analogue, on peut exposer les plaques sans inconvénient aux distances suivantes pendant des temps variables.

	Secondes.
Bougie sans verre, à 1m80	5
Bougie avec verre jaune, à 0m82	75
— — cathédrale vert, à 0m70	30
— — rouge, à 0m22	100
— — vert et verre jaune, à 0m31	125
— — jaune et rouge, à 0m10	125
— — rouge et vert, à 0m05	150

En doublant la durée de ces temps de pose on obtient un voile très caractérisé, et en les quadruplant, on à une image intense.

Ces essais ont été faits avec des verres du commerce de la maison Demaria, à Paris, verres numérotés de 1 à 12.

Les verres rouges sont à peu près les seuls verres pouvant s'employer isolément; leur défaut est de donner une lumière très faible que certaines personnes trouvent fatigante et qui, en réalité, peut provoquer des maladies des yeux. Les verres jaunes ne peuvent pas s'employer seuls pour manipuler des plaques extra-rapides, à moins de prendre des précautions spéciales. Le dépoli n'a d'autre effet que de réduire la lumière dans le rapport de 2 à 3, sans en modifier la nature au point de vue actinique.

Les verres verts fournissent une lumière qui n'est pas fatigante pour la vue; mais les verres verts nos 11 et 12, à l'aide desquels ont été faits les essais, ne doivent être employés isolés sous aucun prétexte, même pour développer des plaques à lanternes.

Les verres doublés, triplés, quadruplés fournissent les meilleurs résultats. En particulier, en employant quatre verres jaune clair, minces, on obtient une bonne lumière peu fatigante; en enlevant un verre on peut développer les plaques ordinaires; en se réduisant à deux verres, on manipulera les plaques à lanternes et les papiers au gélatino-bromure.

Les combinaisons vertes et jaunes donnent de bons résultats à la condition d'employer un des deux verres de couleur foncée; cet éclairage est supérieur à celui fourni par le verre rouge rubis foncé : c'est l'une de ces deux combinaisons que l'on doit adopter si l'on emploie une lampe à pétrole de dix bougies. Les combinaisons verre rouge et vert, verre jaune et rouge foncés nécessitent l'emploi de lampes de soixante à quatre-vingts bougies. L'emploi des verres simples n'est pas à conseiller; à égalité de lumière ils sont toujours plus dangereux que deux verres beaucoup plus clairs combinés ensemble.

Si l'on emploie la lumière du jour, on peut essayer les verres colorés de la manière suivante : on expose à la lumière filtrée par le verre coloré une plaque sensible, recouverte en partie par un chiffre opaque. L'exposition doit être effectuée à la place même où se font les manipulations; elle doit durer une minute. On opère avec le soleil, puis par un temps clair, enfin par un temps sombre. Si le chiffre apparaît dans l'un des trois cas, il faut réduire l'ouverture de la fenêtre, modifier le nombre ou la couleur des verres, ou n'opérer que par un temps sombre.

Le professeur Vogel[1] a fait remarquer qu'aucun verre rouge ne pourra

1. *Photographische Mittheilungen*, décembre 1894.

jamais s'accommoder aux variations considérables que subit la lumière du jour suivant la saison et l'état du temps; aussi conseille-t-il d'employer toujours une lumière artificielle d'intensité constante; ces diverses sources de lumières sont placées dans des lanternes de laboratoire.

1381. Lanternes de laboratoire. — Le nombre des lanternes qui ont été établies pour servir à l'éclairage des laboratoires photographiques est des plus considérables; elles utilisent l'électricité, le pétrole, l'huile, l'essence minérale, la bougie, la paraffine, etc. Certains fabricants, comme M. Demaria, construisent plusieurs douzaines de modèles différents, aussi bien pour les lanternes destinées aux grands ou aux petits laboratoires, que pour celles qui sont facilement transportables et qui servent aux manipulations en voyage. Ces lanternes sont de forme prismatique, à base rectangulaire, triangulaire, etc.; elles sont cylindriques ou demi-cylindriques, à verre droit ou incliné, de façon à ne pas fatiguer la vue de l'opérateur; les verres sont en général mobiles, et le plus souvent on emploie un verre rouge et un verre jaune. Les formats les plus petits (lanterne Lilliput) brûlent l'essence minérale; un bouchon de cuivre, à vis, ferme hermétiquement le récipient intérieur et les rend absolument inversables; les dimensions de la boîte qui les renferment sont 0,12, $\times$ 0,04 $\times$ 0,04.

La lanterne de voyage établie par M. Chorretier, de Lyon, présente des dimensions très réduites. Elle se compose d'un petit réservoir en cuivre dans lequel on brûle de l'huile d'olive; au-dessus de ce réservoir, qui peut être fermé hermétiquement par un bouchon à vis garni de cuir, on place un verre cylindrique rouge et la lanterne est prête; elle peut brûler pendant plus d'une heure et donne une lumière très suffisante pour toutes les opérations photographiques[1]. Le même constructeur a établi une lanterne plus grande dans laquelle la ventilation s'effectue très régulièrement. Cette ventilation est assurée par de petits trous percés en chicane dans les doubles tubes qui servent de pied à la lanterne et par une cheminée en cuivre qui est vissée comme un objectif sur le haut et qui porte des ailettes en tôle, obturant complètement la lumière. La lanterne est munie de deux verres rouges et d'une lampe à l'huile qui peut se régler de l'extérieur. Quatre chaînettes qui sont fixées à la partie supérieure et qui se réunissent à un mousqueton peuvent fixer la lanterne à un crochet à ressort, permettant de la faire monter et descendre comme une suspension de salle à manger; il est donc possible de suspendre la lanterne au plafond ou à une potence fixée contre un mur[2].

Les bougies que l'on emploie dans les lanternes présentent l'inconvénient de brûler assez vite; la hauteur du point lumineux se déplace à moins que l'on utilise le dispositif combiné pour les lanternes de voiture. On peut aussi employer la bougie connue sous le nom de bougie Niepce : elle est large, courte, et se met dans un godet de verre jaune qui peut se placer dans toutes les lanternes; la mèche est maintenue dans un léger support de fer-blanc. Lorque le travail est fini, on éteint la bougie et la masse se solidifie très vite[3].

1. *Photo-Gazette*, 1893, p. 156.
2. *Ibid.*, 1895, p. 58.
3. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1894, p. 611.

Les verres des lampes à pétrole se cassent facilement. M. Marion supprime ce verre dans l'appareil appelé *bromo-lampe*, et destiné à fournir la lumière nécessaire aux impressions par contact et aux travaux de laboratoire. Cette lanterne est munie de trois verres : blanc, jaune et rouge; on peut se servir d'eux isolément ou les combiner au moyen d'une simple coulisse; elle possède aussi un obturateur actionné par un levier pour faire l'obscurité absolue; elle est munie d'un bec spécial qui permet de consumer le pétrole sans l'emploi d'un verre, et d'un réflecteur de forme telle que l'on obtient le maximum d'intensité lumineuse; la mèche se règle de l'extérieur[1].

On a établi divers modèles de lampe à incandescence pour l'éclairage du laboratoire. Celui de M. F.-M. Richard consiste en une lampe ordinaire, placée à l'intérieur d'une cheminée à gaz en verre épais dépoli, teinté dans la masse ou doublé d'une forte couche de cristal rubis foncé. Cette cheminée est montée sur une pièce repoussée se plaçant entre la douille et le raccord de la lampe; le tube est coiffé d'une seconde pièce qui arrête complètement les rayons émanés de la lampe On construit depuis peu pour cet usage des verres rubis foncé. Ces verres, de la forme d'un très gros tube fermé à une de ses extrémités et ouvert à l'autre, portent à cette extrémité un anneau métallique serti qui maintient une étoffe inactinique : l'étoffe, absolument imperméable à la lumière, enveloppe la douille et le corps de la lampe; la lumière rouge éclaire seule l'opérateur. Ce modèle est très utile pour le voyage, l'usage de la lumière électrique étant très répandu dans les hôtels. On peut d'ailleurs recouvrir les lampes électriques de papier rouge ou jaune transparent dont on place trois ou quatre épaisseurs sur la lampe et que l'on fixe à l'aide d'anneaux en caoutchouc à la douille de la lampe. Le papier huilé, les pellicules souples de gélatine recouvertes de collodion à l'aurantia ou à la chrysoïdine sont d'un bon emploi pour cet usage; mais il est indispensable de réduire au minimum l'intensité de cet éclairage; on y parvient en employant plusieurs épaisseurs de papier inactinique.

On peut d'ailleurs préparer très facilement les verres de couleur destinés à l'éclairage du laboratoire obscur ou les pellicules incassables. On nettoie une feuille de verre, on la polit avec un tampon de papier imprégné de talc, on la collodionne, on laisse sécher la surface du collodion et on recouvre cette surface avec une solution contenant 4 grammes de gélatine, 1 litre d'eau et 15 c. c. d'une solution d'alun de chrome à 2 %; quand cette pellicule est complètement sèche, on la recouvre d'une couche de collodion à l'aurantia. On prépare ce collodion en faisant dissoudre 4 grammes d'aurantia dans 100 c. c d'alcool; on filtre cette solution et on l'ajoute à 300 c. c. de collodion ordinaire contenant 4 % de coton-poudre. Si la teinte est trop claire, on peut superposer plusieurs couches. Pour obtenir un verre rouge, on mélange : A) alcool, 100 c. c.; aurantia, 5 grammes; B) rose Bengale, 12 grammes; alcool, 100 c. c. On ajoute le mélange de ces deux solutions à 600 c. c. de collodion à 4 %. Lorsque la couche de préparation est complètement sèche, on incise les bords, on soulève la pellicule qui abandonne le verre.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 125.

MM. E. Wiedeman et G. Schmidt ont montré que la naphtazarine dissoute dans l'alcool arrête les rayons verts, bleus et violets, ne laissant passer que les rayons actiniques rouges, orangés et jaunes; mélangée à d'autres couleurs, elle peut donc fournir des vitres utilisables pour l'éclairage du laboratoire[1].

Le papier peu actinique s'obtient à l'aide des papiers colorés servant à la confection des fleurs. On prend deux feuilles de papier rouge rubis, on les enduit de vernis et on les applique l'une sur l'autre, vernis en dedans; on presse fortement pour faire sortir l'excès de vernis et l'on obtient une feuille transparente. On peut obtenir une nuance plus foncée en plaçant une feuille de papier orange entre les deux feuilles rouges; mais il est mieux de placer entre la plaque sensible et la source lumineuse plusieurs feuilles de ce papier et de manipuler les plaques aussi loin que possible de la source lumineuse.

1382. Éclairage artificiel au magnésium. — La lumière du magnésium est, de toutes les lumières artificielles, celle qui fournit le plus de radiations utiles au photographe. On peut brûler le magnésium seul, soit

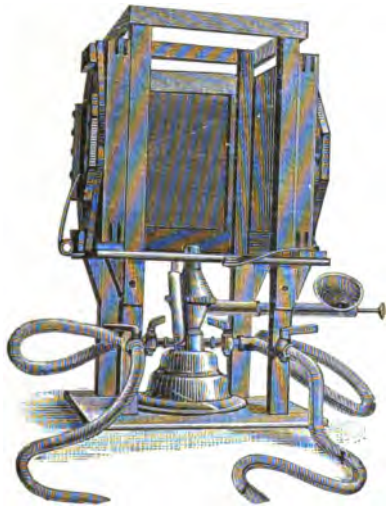


Fig. 182.

en fils ou rubans, soit en poudre; on peut encore le mélanger avec diverses substances comburantes : on obtient alors ce qu'on appelle un *photo-poudre*. L'une des qualités principales de ces mélanges est de fournir un éclair d'une durée très courte; en outre, l'emploi de ce photo-poudre ne nécessite aucun préparatif préliminaire, aucun matériel, ce qui n'a pas lieu

1. *British Journal of Photography*, 21 février 1896.

avec le ruban ou la poudre de magnésium pure; en revanche, les lampes donnent une quantité de fumée très notablement inférieure à celle des photo-poudres, et le rendement graphique du magnésium en poudre

Fig. 183.

employé seul est de beaucoup supérieur à celui des photo-poudres. En brûlant le métal dans une lampe à gaz alimentée par l'oxygène on obtient le maximum d'énergie graphique. La lampe imaginée dans ce but par M. Humphrey[1] permet d'imprimer les positives sous châssis (*fig. 182*).

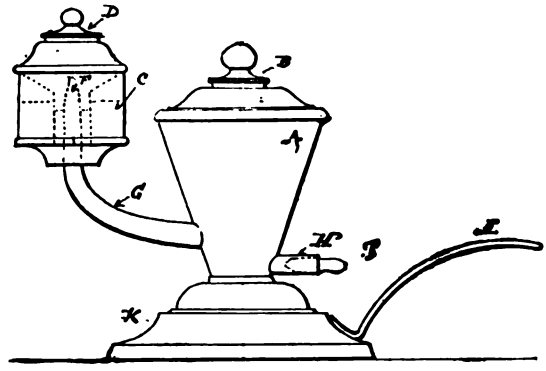


Fig. 184.

C'est une lampe à gaz alimentée par de l'oxygène; le magnésium est maintenu dans un réservoir de forme ovoïde. On allume le jet de gaz après avoir tourné doucement le robinet; ce gaz brûle entre deux nappes d'oxygène qui se trouve en grand excès. Pour obtenir l'éclair magnésique ou la lumière continue il suffit d'ouvrir et de fermer brusquement le robinet à gaz dans

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 99.

le premier cas, ou de le maintenir ouvert dans le second : la pression du gaz est suffisante pour chasser le magnésium, qui brûle alors complètement et très rapidement.

Cette combustion rapide du magnésium est indispensable, et la plupart des lampes ont été construites dans le but d'atteindre ce désidératum. Dans la lampe établie par MM. Clément et Gilmer on utilise la puissante flamme fournie par les lampes à souder (*fig. 183*). Un petit tube à chargeur de magnésium peut être actionné par une poire de caoutchouc; dès que la flamme de la lampe est suffisamment formée, il n'y a qu'à presser sur la poire pour chasser le métal en poudre et en assurer la combustion. Dans la lampe Vesper construite par M. Bardin, le magnésium contenu dans un réservoir A (*fig. 184*) est chassé dans la flamme d'une lampe à alcool ou

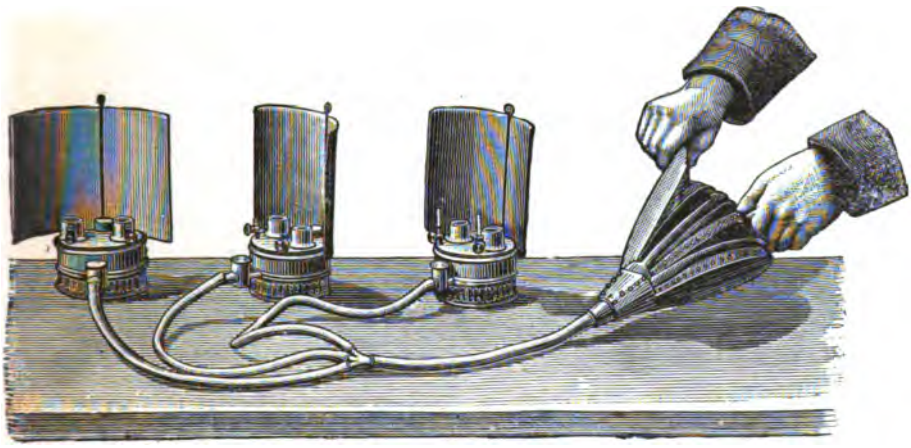


Fig. 185.

autre liquide combustible renfermé en C. Un très grand nombre de lampes sont basées sur le même principe. M. Demaria a établi récemment une lampe dans laquelle le jet de magnésium est établi en forme d'éventail : la combustion est complète; un réflecteur permet de renvoyer la lumière sur le sujet à photographier. Il est important que la source lumineuse ne soit pas à surface trop petite, sans quoi on obtient des ombres trop dures et des images manquant de modelé; on évite cet inconvénient en se servant des lampes multiples de M. Boyer (*fig. 185*). Les lampes de MM. Gaillard, Fribour et Hesse, Poulenc brûlent facilement la poudre de magnésium.

On obtient le modelé en utilisant les photo-poudres répartis en traînées dans un petit auget de tôle formé à l'aide d'une lame de métal ployée en forme de V, à angle très obtus; cette traînée doit être enflammée par le milieu pour que la combustion se produise dans le minimum de temps.

M. le commandant Fourtier a étudié les photo-poudres au point de vue de la grandeur des flammes; il les a mesurés en photographiant sur fond noir les photo-poudres mis en expérience. Sur le fond noir étaient ten-

dus des cordonnets de coton blanc formant un quadrillé de 0m10 de côté; la charge enfermée dans du papyroxyle était suspendue à un fil métallique fixé à une petite potence dans le haut de l'écran. On photographiait dans l'obscurité la gerbe ainsi produite, déflagrant à 0m80 de l'écran; la réduction était de 1/10e. Chaque photo-poudre donne une flamme d'une physionomie spéciale (*fig. 186* et *187*), le volume de la gerbe étant très variable

Fig. 186.

Fig. 187.

pour les mêmes poids de poudre. Les essais ont porté sur les poudres Gœdike (Mg1, Mg2), Taylor (Mg3), Lord (Mg4) et quelques poudres du commerce. Les formules de ces diverses poudres sont :

	Mg1	Mg2	Mg3	Mg4
Magnésium.....	30,3	31,65	12,5	28,50
Chlorate de potasse.....	60,6	63,25	50,0	»
Sulfure d'antimoine.....	9,1	»	25	»
Soufre.....	»	»	12,5	»
Permanganate de potasse....	»	»	»	35,75
Bichromate de potasse.....	»	»	»	35,75
Ferrocyanure de potassium..	»	5,10	»	»

Il résulte de ces essais que les poudres au chlorate riches en magnésium donnent le plus fort volume de gerbe; le sulfure d'antimoine a une action très marquée sur le volume de cette gerbe.

Pour mesurer la vitesse de combustion, M. Fourtier a utilisé la méthode de M. Houdaille[1], méthode qui consiste à photographier un voyant composé

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894.

d'une série de groupes de points de diamètre décroissants : on constate que lorsque la pose devient insuffisante les plus gros points peuvent seuls être distingués à l'œil nu, et qu'au fur et à mesure que la pose augmente les points de plus en plus petits apparaissent. On photographie donc quatre voyants à fond noir dont les points sont blancs, verts, jaunes et rouge-saumon, couleurs qui se rencontrent très fréquemment dans les sujets à photographier. Comme unité de lumière, M. Houdaille prend une lampe à pétrole à bec rond de $0^{m}022$, brûlant 30 c. c. de luciline à l'heure; au point de vue actinique, cette lampe vaut 25 lampes à l'acétate d'amyle sans écran, 12.5 bougies de sept au paquet et 10 bougies de 5 au paquet; on a adopté 1 mètre comme distance de la lampe à l'objet. Si l'on fait intervenir le temps de pose et que celui-ci soit fixé à une seconde, on obtient l'unité lampe-mètre-seconde L. M. S. Avec les plaques mises en expérience, les négatifs des voyants éclairés par la lampe type montrent que les nombres des points sont proportionnels aux carrés des quantités de lumière; on peut donc déterminer, à l'aide d'un graphique, le nombre de L. M. S. correspondant à un nombre de points donné.

La durée de l'éclair est mesurée à l'aide du pendule utilisé pour la détermination de la durée d'action des obturateurs. La planchette qui supporte le pendule est munie de quatre voyants de couleur, ce qui permet en un seul négatif d'avoir la mesure de la durée et celle de l'actinisme. Pour plus de précision, on peut employer deux séries de voyants côte à côte et disposés en sens inverse. La chambre noire est disposée normalement devant le pendule, de manière à obtenir une réduction de 1/5, l'objectif étant diaphragmé à F/40. A côté de la chambre est placé un grand réflecteur hémicylindrique en fer-blanc brillant, au foyer duquel était suspendue la charge de photo-poudre; la charge brûlait ainsi à $1^{m}50$ des voyants. On opère dans l'obscurité, ce qui permet, après avoir ouvert l'objectif, d'attendre que le pendule ait exactement pris son régime, puis on enflamme la charge. M. Fourtier[1] a trouvé des résultats intéressants au point de vue général.

Le pouvoir lumineux est d'autant plus considérable que la quantité de magnésium entrant dans un poids donné est plus grande. Le sulfure d'antimoine augmente le volume de la gerbe et donne une certaine valeur au point de vue actinique; le soufre, au contraire, diminue la valeur de la gerbe et son pouvoir actinique. L'addition des autres corps diminue le pouvoir lumineux. Le permanganate de potasse augmente la vitesse de combustion. Dans les poudres chloratées, la vitesse totale de combustion est en moyenne $0^{s}088$; la vitesse utile, ou pour mieux dire le temps de combustion dans lequel le photo-poudre émet une lumière suffisante pour donner une bonne image, est toujours sensiblement la moitié de la vitesse totale, en moyenne $0^{s}042$.

Le rapport de l'intensité lumineuse au poids de photo-poudre brûlé a été déterminé par M. Fourtier en exécutant les mêmes expériences que celles qui permettaient de déterminer le pouvoir actinique, mais en faisant varier les distances d suivant les carrés. La première charge brûlant à une distance de $1^{m}50$, la seconde brûlait à $2^{m}25$, la troisième à $3^{m}37$, etc. L'augmentation progressive des charges de $0^{gr}50$ à 4 grammes donne sensible-

1. Fourtier, *Les lumières artificielles en photographie*, pp. 133-134.

ment une augmentation d'intensité; à partir de 4 grammes l'intensité ne croît plus proportionnellement à la charge. En désignant par V la valeur en L. M. S. cherchée, par k le coefficient du photo-poudre pour 1 gramme, par P le poids du photo-poudre employé, on a :

De 0 à 4 grammes	$V = k \times P.$
De 4 à 8 grammes	$V = k\left(4 + \frac{P-4}{2}\right).$
De 8 à 16 grammes	$V = k\left(4 + \frac{P}{4}\right).$

Pour la poudre Gœdike et Miethe, la valeur de k est 3,000; pour la poudre Taylor, 3,500.

La portée des photo-poudres ne croît pas en raison directe de la charge : il n'y a pas lieu de dépasser 16 grammes ; la portée *utile*, c'est-à-dire capable de donner une image suffisamment dense, ne paraît pas dépasser 35 à 40 mètres au maximum. La présence d'un réflecteur hémicylindrique pour récupérer les rayons émis dans les directions opposées à l'objectif augmente le pouvoir lumineux de 60 à 70 °/o d'après M. Fourtier. Si l'on veut augmenter le pouvoir éclairant des photo-poudres, il y a lieu de se servir de plusieurs charges.

L'influence du fractionnement des charges est considérable. Ainsi, 1 gramme de photo-poudre brûlé en une seule charge donne 3,456 L. M. S.; le même poids, brûlé en deux charges de 0gr50, donne 7,632 L. M. S. En comparant le résultat obtenu avec deux charges de 8 grammes et une seule charge de 8 grammes, le rapport est d'environ 3,7 au lieu de 2; il y a donc avantage à fractionner les charges. Deux charges d'un poids donné semblent fournir un rendement plus grand que le double du rendement théorique. On peut expliquer cette différence en faisant entrer en ligne de compte la durée de la pose, plus grande avec les deux charges, qui en pratique ne peuvent brûler simultanément.

Le magnésium qu'il convient d'employer ne doit pas être pulvérisé trop fin, car il renferme alors jusqu'à 40 °/o de son poids de magnésie par suite de son oxydation : le rendement lumineux peut donc être réduit de près de moitié, et, de plus, le métal brûle moins bien.

En comparant les photo-poudres à la poudre de magnésium brûlée dans les lampes, M. Fourtier a constaté que la durée de combustion des poudres pures est plus longue que celle des photo-poudres, mais le pouvoir éclairant est supérieur au pouvoir éclairant des photo-poudres.

Pour obtenir des portraits par l'emploi de la lumière du magnésium, on peut employer le dispositif imaginé par M. Dos de Soleure[1], qui permet d'éviter l'emploi d'ombres trop dures. On prépare un écran transparent de 1m80 de large et 2m50 de haut tendu de tulle fin, on badigeonne l'étoffe des deux côtés avec de la colle de pâte claire récemment préparée, on laisse sécher. Cet écran translucide est installé à 1 mètre ou 1m50 du modèle latéralement, et à 2 mètres du fond adopté, on le place obliquement. La

1. *Paris-Photographe*, 1892, p. 215.

poudre de magnésium sans mélange d'autres substances est brûlée dans trois lampes à l'alcool, à la dose de 0gr5 de magnésium par lampe. Chaque lampe est munie d'un réflecteur constitué par un miroir concave de 0m27 de diamètre. Deux des lampes sont suspendues à 2 mètres de hauteur et à 0m50 ou 0m60 derrière l'écran translucide ; la troisième est placée à 0m60 de hauteur. A droite et à gauche, au-dessus de l'écran, on atténue au moyen de rideaux bleus toute la lumière produite par le magnésium : les ombres trop accentuées sont ainsi adoucies. Les trois lampes sont actionnées en même temps. Au lieu d'employer comme réflecteur un miroir, on peut se servir d'une sorte de paravent à deux lames dont les faces sont recouvertes de calicot blanc d'un côté et de papier argenté de l'autre. On se sert de l'une ou l'autre de ces faces suivant l'effet que l'on veut obtenir.

Si l'on emploie les photo-poudres, il y a avantage à diviser les charges dans un grand nombre de godets qu'on enflamme simultanément. M. Williames[1] emploie trente-six godets contenant 0gr035 de magnésium chacun et place le sujet à 2m50 des sources lumineuses. Pour obtenir l'inflammation simultanée de plusieurs éclairs magnésiques. rien ne vaut la mise de feu électrique[2]. On peut employer un fil de platine très fin, entouré de coton-poudre; le fil de platine en s'échauffant fait brûler le fulmicoton qui enflamme le photo-poudre.

On peut obtenir des négatifs sur plaque orthochromatique en se servant de la lumière du magnésium[3]. M. Le Roy a indiqué l'emploi d'un mélange de 5 parties de bioxyde de baryum avec 1 gramme à 1gr5 de magnésium; mais lorsqu'il est nécessaire de mettre en œuvre des doses massives de photo-poudre, les fumées produites peuvent occasionner des phénomènes d'intoxication nettement caractérisées; c'est ce qui peut arriver avec les photo-poudres qui contiennent du sulfure d'antimoine, du ferrocyanure de potassium, du nitrate de baryte, de cuivre, des permanganates, des chromates, etc.

Pour se débarrasser de ces fumées, MM. Bourchani et Mairet[4] se servent de chambres à combustion de différentes grandeurs, suivant la quantité de mélange à brûler. Le devant de l'appareil est fermé par une glace mobile permettant d'ouvrir l'appareil et de vider la fumée provenant de l'éclair magnésique. Le photo-poudre est placé dans une petite cuvette accrochée au fond de la chambre à combustion; à cette cuvette est fixée un percuteur qui fonctionne à l'aide d'un ressort mis en mouvement par une poire en caoutchouc. La fumée qui provient de la combustion est emmagasinée dans un sac placé au-dessous de l'appareil. L'effet de la dilatation des gaz sur les parois de la boîte est à peu près annulé au moyen de poches en étoffe, protégées par des boîtes métalliques placées au sommet et sur les côtés de l'appareil. La poire en caoutchouc qui sert au déclenchement d'un appareil peut en actionner plusieurs autres.

Les photo-poudres sont d'un maniement dangereux; si le vase ou le

1. *Wilson's Photographic Magazine*, 1894, n° 452.
2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1894, p. 479.
3. *Aide-mémoire de photographie pour* 1894 et *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1888.
4. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1893, p. 101.

flacon qui contient ces mélanges est bouché à l'émeri, il suffira du frottement du bouchon sur une parcelle de la substance pour produire l'inflammation et par suite l'explosion du récipient. On conserve ces poudres dans de petits sacs en papier Bengale (papyroxile) contenant 1, 2, 4, 8 grammes de mélange; ces cartouches peuvent alors être renfermées dans un flacon à fermeture hermétique. Les photo-poudres absorbent très facilement l'humidité de l'air et la durée de leur combustion est alors considérablement augmentée. On peut diminuer les chances d'accident provenant de l'emploi des photo-poudres en utilisant les *papiers-éclairs*.

Pour les préparer[1], on recouvre une feuille de papier quelconque d'une couche de colle de farine ou d'amidon, on répand dessus de la poudre de magnésium et on frotte le tout avec les doigts jusqu'à ce que la poudre adhère sur toute la surface du papier. Après séchage, on colle sur cette couche une feuille de papier buvard préalablement plongée dans une solution saturée de chlorate de potasse et séchée. Quand les deux feuilles ainsi collées sont sèches, on les découpe en bandes; ces bandes, en brûlant, produisent une grande quantité de lumière. On peut aussi coller du magnésium sur les deux faces du papier et l'enfermer entre deux feuilles de papier au chlorate de potasse; finalement, on colle une feuille de papier Joseph de chaque côté. Ces « sandwichs » de magnésium brûlent fort bien et sont faciles à conserver. Tout danger d'explosion peut être évité si l'on recouvre d'une mince feuille de papier le magnésium collé à la première feuille. Sur l'enveloppe extérieure on applique de la colle de pâte et on tamise du chlorate de potasse sur cette feuille. Quand tout est sec, on découpe des lanières étroites, de longueur convenable, auxquelles on met le feu au moment voulu; cette opération peut être faite à l'aide de papier buvard trempé dans une solution concentrée de salpêtre et séchée ensuite. Ce papier brûle comme de l'amadou; on a donc tout le temps d'allumer et de prendre place dans le groupe que l'on veut photographier, comme l'a indiqué le Dr Meydenbauer[2].

M. Muller[3] prépare le papier qui doit servir pour l'allumage en l'immergeant dans une solution composée de 3 parties d'azotate de potasse, 10 parties d'eau et 1 partie de chlorate de potasse; il le laisse sécher et le découpe en lanières. La poudre-éclair est formée d'un mélange de 30 grammes de perchlorate de potasse et 20 grammes de magnésium. Au moment d'opérer, il tord sur toute sa longueur une bande de papier nitré de 3 centimètres de large, 8 centimètres de long, et fixe à l'extrémité un fil ou deux de fulmicoton. Ces fils doivent dépasser le papier d'environ 2 centimètres. Le photopoudre est versé en petit cône sur une plaque de tôle ou sur un carton fort. Le papier est relié au mélange par les fils de coton-poudre qui plongent dans la poudre. Comme le papier tordu brûle assez lentement, l'opérateur a le temps de l'enflammer et de rejoindre le groupe dans lequel il veut figurer.

On a proposé d'utiliser un photo-poudre à base d'aluminium. La meilleure formule (A. **1146**) est celle qu'a fait connaître M. Villon sous

1. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1896, p. 186.
2. *Photog. Wochenblatt*, 1887, n° 23.
3. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1896, p. 223.

le nº II. Mais les photo-poudres à l'aluminium sont inférieurs aux bons photo-poudres au magnésium et tout au plus égaux aux photo-poudres moyens. M. Ommeganck[1] a indiqué la formule suivante comme permettant d'obtenir un éclair d'une très grande intensité lumineuse : 5 parties de magnésium, 3 d'aluminium, 1 partie de phosphore rouge. Les matières réduites séparément en poudre très fine doivent être mélangées aussi intimement que possible.

1383. Cuvettes. — Dans les premiers temps de l'emploi du gélatino-bromure, on développait l'image très lentement à l'acide pyrogallique et l'on se servait pour cet objet de cuvettes verticales; l'opération durait plusieurs heures. M. Mach a de nouveau appelé l'attention sur ce mode de développement qui, en 1892, lui avait permis d'obtenir de bons négatifs reproduisant une balle de fusil animée d'une vitesse considérable. Depuis

Fig 188.

lors, le développement lent en cuvettes verticales a été plusieurs fois donné comme nouveau[2]. M. Demaria a fait construire pour les divers formats photographiques (à partir de 24 × 30 centimètres et au-dessous) des cuvettes verticales en faïence à rainures permettant de développer lentement six ou douze plaques; ces cuvettes sont en verre pour les formats 6,5 × 9 et au-dessous. M. Gaumont a établi un matériel permettant de développer soit douze, soit dix-huit épreuves du format commun des photo-jumelles Carpentier. Il se compose de deux cuves en carton durci, noir, et de deux paniers d'immersion en bois imperméabilisé, également noirs. La plus petite cuve C (*fig. 188*) sert à contenir le bain de développement; la plus grande D sert de couvercle à la plus petite, de façon à offrir une sécurité parfaite contre toute introduction de lumière. Afin que le liquide développateur puisse monter et descendre librement entre chaque plaque, on a laissé entre celles-ci une distance d'environ 1 centimètre. Pour que les parties les plus basses des plaques ne trempent pas dans la partie inférieure du

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1896, p. 488.
2. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1894-1895.

liquide, on a surélevé les rainures de 2 à 3 centimètres au-dessus du fond de la cuve : on obtient ce résultat en adaptant à chaque angle du panier d'immersion un bâtonnet d'ébonite de 2 à 3 centimètres. Un bâtonnet semblable est également adapté à chaque angle de la face supérieure du panier. Le liquide révélateur doit dépasser de 2 à 3 centimètres le sommet des plaques, et pour assurer la complète régularité d'action, on peut, de temps à autre pendant le développement, retourner les plaques. Ces diverses cuves peuvent être faites en carton laqué, pour lavage, fixage, etc.

Pour les lavages, on peut utiliser les cuvettes en nickel pur et celles en aluminium; ces dernières ne doivent pas être employées avec des bains alcalins ou avec ceux qui contiennent de l'acide chlorhydrique. M. Guitton[1] emploie le zinc nickelé dans la construction d'une cuve pour lavage des épreuves positives. L'eau entre dans la cuve par une série de trous placés près du fond et s'échappe par d'autres trous aboutissant à un trop plein dont les bords sont moins élevés que ceux de la cuve, de sorte que les épreuves ne peuvent jamais être entraînées par le courant. Pour ce lavage des épreuves, M. Demaria construit un tube métallique en forme d'U, perforé de distance en distance; à l'aide d'un ajutage en caoutchouc renforcé, on peut fixer ce tube à un robinet permettant de régler le débit et la force des jets. Cet appareil se place dans n'importe quelle cuvette qu'il transforme immédiatement en cuve de lavage à épreuves.

Les pellicules que l'on utilise peuvent se rouler dans les divers bains. On évite cet inconvénient en se servant de deux cales en glace polie dont les tranches sont bien arrondies; ces cales glissent dans deux rainures spéciales et maintiennent la pellicule absolument à plat au fond de la cuvette pendant toute la durée des opérations, ce qui évite l'enroulement de la pellicule et les taches que produisent le contact des doigts.

Pour le lavage des pellicules et des papiers, M. Cheval[2] construit un appareil consistant en une cuve en zinc ordinaire présentant à sa partie supérieure une série d'encoches permettant de placer à distance égale les porte-pellicules. On introduit dos à dos les pellicules ou papiers à lever dans les porte-pellicules, qui sont à charnières, et que l'on fixe à l'aide de deux crochets. La partie supérieure de la cuve est fermée par un couvercle perforé permettant à l'eau de tomber doucement et sans force. Le trop plein est assuré par un siphon qui renouvelle complètement l'eau par le bas. On peut plus simplement utiliser les pinces à ressort, servant à classer les papiers, pinces que l'on trouve chez tous les marchands d'articles de papeterie; on maintient ces pinces à l'aide de lames de zinc appuyées sur les bords de la cuve à lavage. S'il s'agit de laver complètement les épreuves aux sels d'argent, MM. Clément et Gilmer les placent entre des châssis en toile métallique, s'ouvrant en deux comme un livre. On peut disposer plusieurs épreuves les unes à côté des autres sur ces toiles métalliques, on referme les châssis et on les introduit dans une cuve verticale à rainure, comme s'il s'agissait de laver un négatif : le papier ne peut plus ni se rouler ni se sécher; le lavage s'effectue dans de très bonnes conditions.

Les cuves à lavages avec paniers à rainures servant d'égouttoir se cons-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892.
2. *Paris-Photographe*, 1892, p. 228.

truisent soit en zinc, en nickel ou en celluloïd; ces paniers laveurs sont généralement à articulation, de façon à pouvoir servir pour des formats de plaques très différents; repliés, ils occupent un volume très réduit. L'égouttoir construit par M. Target se loge dans une boîte en zinc de très faible volume qui sert de support à l'égouttoir et qui reçoit le liquide tombant des plaques. Il est bon que ces égouttoirs soient munis d'un système d'agrafes, qui, placé aux deux extrémités, assure la fixité de l'écartement pour tel format que l'on désire[1].

Les cuvettes en porcelaine, faïence, verre, carton durci, etc., sont souvent faites avec séparations pour faire le développement simultané d'un certain nombre de plaques posées à plat dans les cuvettes. Ces séparations permettent d'éviter les éraillures qui peuvent se produire sur la couche sensible lorsque plusieurs plaques sont immergées dans la même cuvette hori-

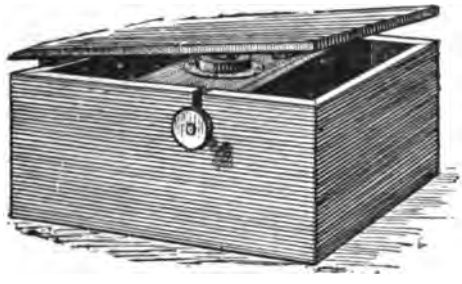


Fig. 189.

zontale. Si l'on utilise des cuvettes de celluloïd, il est facile, comme l'a indiqué le Dr Buchner[2], de placer des cloisons, que l'on confectionne avec des bandes de celluloïd et que l'on colle avec de l'éther acétique. M. Boisard[3] a indiqué un procédé plus simple qui consiste à effectuer les séparations non pas sur la cuvette même, mais sur des feuilles de verre provenant de plaques hors d'usage. Les séparations sont formées par de minces bandes de verre collées au moyen de gélatine bichromatée; on expose le tout à la lumière pour insolubiliser la gélatine. Ce dispositif est très pratique. On peut, d'ailleurs, établir d'une façon très simple des cuvettes de petit format, comme l'a indiqué M. Noaillon[4]. On prend une feuille de papier un peu fort, on la replie en forme de cuvette et on la vernit à l'aide d'une dissolution de celluloïd dans l'acide acétique; il est bon de passer plusieurs couches de ce vernis en le laissant sécher complètement dans l'intervalle de chaque opération. M. Lambert a construit, sous le nom d'*inversable*, une cuvette à fond de verre et à très larges bords. Ces bords forment une cavité suffisante pour maintenir le bain quand on tient la cuvette verticalement.

Les cuvettes qui renferment les divers bains doivent être agitées pendant

1. *Photo-Gazette*, 1896, p. 139.
2. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1895, p. 63.
3. *Ibid.*, 1896, pp. 295, 329.
4. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1894, p. 88.

les opérations; on se servait dans ce but de balances-cuvettes de formes diverses (I, **233**) qui agitaient les liquides toujours dans le même sens. M. Faller a fait établir une balance-cuvette (*fig. 189*) permettant une agitation régulière soit des bains, soit des liquides laveurs, grâce à un mouvement circulaire communiqué par un mouvement d'horlogerie à un axe légèrement incliné sur la verticale. MM. Clément et Gilmer[1] ont disposé une fontaine de laboratoire de façon à utiliser l'eau du robinet d'alimentation pour faire osciller les cuvettes de développement ou de lavage. En ouvrant le robinet d'arrivée de l'eau, on actionne une roue à aube qui est renfermée dans le réservoir placé au-dessous de la lanterne qui sert à l'éclairage. Le mouvement de cette roue détermine l'oscillation de la planchette qui sup

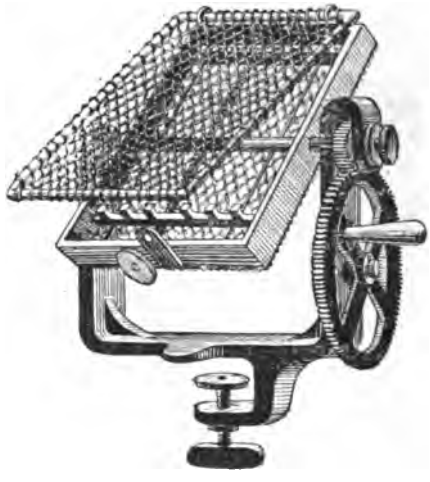


Fig 190.

porte la cuvette à développer; en même temps, si la pression est suffisante, elle met en mouvement la cuvette qui sert au lavage des épreuves sur papier.

Le séchage des plaques ou des papiers lavés peut être effectué rapidement sur des claies mobiles renfermées dans une caisse à laquelle est adapté un ventilateur actionné par un petit moteur hydraulique. MM. Clément et Gilmer ont construit dans ce but une essoreuse consistant essentiellement en un plateau horizontal muni de quatre griffes mobiles destinées à saisir le négatif quel que soit son format; ce plateau peut tourner autour d'un axe vertical mis en mouvement par une corde sans fin actionnée par une poulie mue à la main; sur le tout se rabat un couvercle percé d'une ouverture vitrée permettant de suivre le progrès du séchage. Dans l'appareil construit par M. Faller (*fig. 190*), le négatif est fixé à l'aide d'une pince à vis. S'il s'agit de sécher des papiers ou des pellicules, on les place sur les toiles

1. *Photo-Gazette*, 1895, p. 159.

métalliques; un mouvement de rotation très rapide permet de sécher assez vite; enfin, si l'on utilise le formol, les surfaces gélatinées peuvent être séchées à l'étuve.

M. E. Poulenc a construit un dispositif qui permet de développer et de fixer les plaques au gélatino-bromure en plein jour. Pour décharger le châssis de l'appareil photographique employé, on se sert d'un sac en étoffe inactinique : la plaque sensible est glissée dans un châssis spécial qui vient s'ajuster, au moyen d'une semelle placée à la partie inférieure, à une cuve garnie de verres rouges dans laquelle on fait le développement. Dès que ce châssis spécial est en place, une vanne s'ouvre automatiquement et laisse tomber la plaque dans la cuve qui est munie de dispositifs spéciaux pour le changement des bains; on suit le développement par transparence en se plaçant sous un voile noir. L'opération étant terminée, le négatif est lavé, on le fait ensuite repasser par le châssis fixé par sa semelle à la partie supérieure de la cuve. On fait le fixage de la même façon en transportant alors ce châssis sur une seconde cuve identique à la première et destinée exclusivement à l'hyposulfite. Des intermédiaires spéciaux permettent d'employer ces cuves pour des dimensions inférieures à celles des glaces pour lesquelles elles sont construites.

1384. Châssis pour photocopies. — Les châssis destinés au tirage des photocopies sont généralement en bois; mais le gonflement qu'ils éprouvent sous l'influence de l'humidité rend quelquefois leur maniement difficile. Le Dr Morris[1] a fait construire des châssis positifs à cadre métallique

Fig. 191.

dans lesquels cet inconvénient n'existe pas. Leurs feuillures, très étroites, n'existent que sur les côtés longitudinaux et permettent d'exposer à la lumière la totalité du négatif; de plus, ils possèdent sur l'un des côtés un système d'accrochage qui facilite leur suspension aux murs ou aux fenêtres permettant d'en exposer un grand nombre dans un espace fort restreint.

M. Sénée[2] a cherché à obtenir un châssis de tirage permettant d'examiner la totalité de la photocopie pendant l'impression. L'appareil se divise en deux parties reliées entre elles dans toute leur longueur par une charnière et s'ouvrant comme un livre. D'un côté, on fixe le négatif dans des feuillu-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 222.
2. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1893, p. 203.

res où il est maintenu en place à l'aide de ressorts en acier; de l'autre, on place une feuille de papier sensible. Le papier est fixé par les bords dans le sens de sa longueur, en repliant une bande de chaque côté de la feuille dans des rainures munies de réglettes en bois; des ressorts placés dans ces réglettes assurent la fixité du papier. La pression nécessaire pour obtenir un contact parfait entre le papier et le négatif est obtenue au moyen d'un bloc en bois garni de feutre sur lequel agissent deux ressorts placés à la partie inférieure de l'appareil.

Le châssis construit par M. Mendozza (*fig. 191*) présente un mode de fermeture peu encombrant : les barres relevées ne dépassent, en effet, que de quelques centimètres le dessus du cadre, tandis que celles des anciens châssis en occupent deux fois la longueur quand elles sont écartées; de plus, la fermeture étant assurée par deux ressorts latéraux spéciaux, peut s'effectuer à l'aide d'une seule main.

Le châssis-presse à volet diagonal permet l'examen de l'image sur une étendue considérable; ce volet diagonal découvre le négatif dans son milieu et sur les côtés [1].

M. Gaumont a construit, sous le nom de châssis-orthogonal, un châssis permettant de bien mettre en plaque le négatif dont on veut obtenir une diapositive. Il consiste en deux volets assemblés par deux charnières; la partie du châssis possédant une ouverture pour recevoir le phototype négatif est constituée par un disque tournant, de telle sorte qu'un point quelconque des bords du négatif puisse décrire une circonférence; la plaque diapositive se place en largeur ou en hauteur sur la partie fixe; à l'aide de ce dispositif on peut toujours tourner le disque portant le négatif de façon que l'horizon ou les lignes verticales soient parallèles aux bords de la plaque diapositive. M. Mackenstein a construit un châssis du même genre mais dans lequel le centrage est automatique dans les deux sens [2] si l'on imprime uniquement des négatifs $6{,}5 \times 9$ sur plaques $8{,}4 \times 10$. Dans le châssis-presse de M. Dom Martin [3], les ressorts sont placés dans la feuillure et agissent sur le négatif au lieu d'agir sur la planchette, comme dans les châssis ordinaires. M. Defloue [4] subdivise la planchette du châssis en une série de petites planchettes interchangeables et capables de couvrir ensemble la surface totale du châssis. En augmentant le nombre des baguettes destinées à maintenir ces planchettes, on peut tirer simultanément des épreuves de grandeur différentes, en suivre l'impression, les retirer séparément sans que les épreuves voisines puissent être déplacées. M. Finaton [5] a modifié le châssis Poulenc dont les premiers modèles (**A, 1147**) laissaient à désirer lorsqu'il s'agissait d'imprimer des négatifs de grandes dimensions parce que la pression des ressorts s'exerçait trop près de la planchette à brisures; en plaçant les ressorts au milieu de chacune des quatre portions de la planchette à brisures on évite cet inconvénient.

1. *Paris-Photographe*, 1894, p. 177.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 459.
3. *Ibid.*, 1895, p. 196.
4. *Ibid.*, p. 265.
5. *Ibid.*, p. 294.

1385. Appareils pour fonds dégradés. — M. Faller[1] construit un petit appareil très pratique pour maintenir en place les dégradateurs employés habituellement. L'appareil consiste en une glissière qui se fixe au moyen de deux vis sur le bord du châssis et dans laquelle coulisse une tige portant un ressort à son extrémité; on règle la position de la tige jusqu'à ce que le ressort vienne appuyer sur le bord du dégradateur, et on l'immobilise dans cette position au moyen d'une vis de pression disposée sur la glissière. Pour obtenir une teinte dégradée bien uniforme, on est obligé de faire tourner le châssis dans un plan horizontal. A l'aide du dégradateur tournant de M. Demaria, ces changements se font automatiquement. L'appareil se compose, en effet, d'un fort mouvement d'horlogerie faisant tourner lentement un plateau sur lequel on peut poser un ou plusieurs châssis, suivant leurs dimensions; cet appareil marche pendant deux heures environ. Il y a intérêt à monter les dégradateurs dans une boîte portant une série de rainures dans le sens de la longueur du châssis; ces rainures sont d'ailleurs montées sur un cadre pouvant se déplacer dans le sens de la largeur, de sorte que, par la combinaison de ces deux mouvements, l'ouverture du dégradateur peut occuper tous les points de la glace.

On utilise depuis quelque temps un système de dégradateur universel à iris, dont la construction est basée sur celle des diaphragmes iris. Ce dégradateur permet de varier beaucoup les ouvertures et la forme des dégradés; il se compose d'un double cadre de bois s'ouvrant comme un livre; dans l'un, on place un verre dépoli ou un verre vert; dans l'autre se trouve une ouverture sur le bord de laquelle se placent des dents mobiles que l'on fait pivoter les unes sur les autres de façon à obtenir une ouverture ovale, ronde, en forme de poire, etc.

1386. Appareils pour le montage des photocopies. — M. Maréschal a indiqué l'emploi de la plume à vaccin comme permettant de rogner très régulièrement les photocopies. Cette plume, non fendue, se termine en forme de lancette très aiguisée; il suffit de la fixer dans un porte-plume pour avoir un excellent coupe-épreuve. La modicité de son prix permet de la renouveler quand elle est émoussée[2]. L'ébarbage des épreuves sur papier se fait d'ailleurs très facilement sur une tablette tournante. Cet appareil se compose d'un socle en fonte verni au centre duquel est fixé un plateau muni d'une glace forte sur laquelle on place l'épreuve à couper; en imprimant au plateau un mouvement de rotation sur son pivot, on peut successivement couper chaque côté de l'épreuve avec la plus grande facilité et sans crainte de déplacer le calibre qui sert à guider le coupe-épreuve[3]; on opère ainsi très rapidement.

Lorsque la photocopie est terminée, on la fait habituellement passer entre les cylindres de la presse à satiner.

M. Sainte[4] a modifié la presse à satiner à chaud. L'appareil qu'il a construit se compose de deux cylindres se rapprochant à volonté et tournant

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 57.
2. *Ibid.*, 1893, p. 57.
3. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1894, p. 97.
4. *Photo-Gazette*, 1893, p. 117.

en sens contraire, l'un des deux cylindres étant dépoli, l'autre poli et chauffé intérieurement. Les perfectionnements apportés dans la construction de cette presse consistent en un réglage facile de la flamme qui chauffe le cylindre; l'écartement est rigoureusement le même sur toute la longueur du cylindre. Enfin, un système d'engrenage à quatre pignons permet de satiner une carte ayant jusqu'à 10 millimètres d'épaisseur sans qu'il y ait de difficulté dans la manœuvre de l'appareil.

On peut aussi se servir d'un rouleau satineur à eau chaude : c'est un cylindre de métal, soigneusement poli, monté sur une poignée articulée, comme les rouleaux encreurs des anciennes presses d'imprimerie; le cylindre est creux, on le remplit d'eau chaude et on le referme au moyen d'un bouchon à vis. Cet appareil peut servir à monter les photocopies émaillées. Si l'on fixe, en effet, une mince couche de caoutchouc dissous dans la benzine sur le dos de la photocopie et une couche du même vernis sur le carton, l'image demeurera fixée à celui-ci après que le rouleau satineur aura passé sur les surfaces de vernis mises au contact.

1387. Boîtes à rainures. — Le classement et la conservation des phototypes négatifs peuvent être faits très facilement à l'aide de boîtes en bois et carton à l'intérieur desquelles se trouvent des séparations permettant le classement; un répertoire fixé à l'intérieur de la boîte permet d'effectuer rapidement les recherches. Les rainures des boîtes peuvent être faites en celluloïd, et dans les boîtes de M. Lenègre, chaque rainure est numérotée. Sur le couvercle de la boîte est collée une feuille de papier portant les mêmes numéros et sur laquelle on inscrit les sujets des négatifs.

S'il s'agit de classer et d'employer les diapositifs à projections, on les dispose simplement les uns derrière les autres en les séparant en séries distinctes par des cloisons mobiles. Les parois latérales de ces boîtes doivent être couvertes de molleton; les parois inférieures et supérieures sont garnies, la première de deux, la seconde d'un seul tube de caoutchouc; ces tubes sont collés à la paroi parallèlement à sa longueur. Lorsque la boîte est fermée, les projections sont immobilisées entre les caoutchoucs, dans une position verticale, d'où elles ne peuvent échapper. Les pressions qu'elles exerçent les unes contre les autres sont ainsi fort réduites, et, en tous cas, réparties sur toutes leurs surfaces, elles ont une valeur très faible en chaque point, et l'on peut ainsi transporter avec sécurité les diapositives[1].

1388. Planchettes à couper les verres. — M. Demaria construit une planchette spéciale pour le découpage des plaques préparées et des négatifs photographiques. Cet appareil consiste en une règle-guide coulissant sur deux côtés en cuivre divisés en millimètres; la règle-guide est assujettie à la dimension voulue au moyen de deux vis de serrage, de telle sorte que l'on peut couper avec une très grande précision. M. Donnadieu [2] a utilisé pour établir un coupe-plaques le petit appareil que les dessinateurs appellent *règle à parallèles*. Pour les plaques 18×24, cet appareil mesure 0^m25 de long, 0^m25 de large et 0^m01 d'épaisseur; il pèse environ 150 grammes.

1. *Photo-Journal*, 1895, p. 173.
2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 356.

L'une de ces règles appelée *butoir* à 0m035 de large et 0m01 d'épaisseur; l'autre, nommée *règle de coupe*, à 0m015 de large et 0m007 d'épaisseur; elles sont réunies par deux bandes de cuivre de 0m13 de long, 0m01 de large et 0m002 d'épaisseur; des vis de serrage assurent une fixité absolue dans la position déterminée. Pour se servir de l'appareil, on écarte les deux règles jusqu'à ce que les bords des guides de cuivre correspondent à la graduation indiquant la dimension désirée, puis on place la glace sur la règle de coupe en la faisant buter contre l'autre et on coupe au diamant en suivant le bord interne de la règle de coupe.

BIBLIOGRAPHIE.

Dr EDER. — *Photographische Jarbuch, de 1892 à 1897.*
FABRE. — *Aide-Mémoire de photographie, de 1892 à 1897.*
FERY ET BURAIS. — *Traité de photographie industrielle.*
A. LONDE. — *Traité pratique de la photographie.*
— *La Photographie instantanée.*
A. SORET. — *Traité de photographie.*
MULLIN. — *Ce qu'il faut savoir pour obtenir des épreuves irréprochables.*

LIVRE II.

PHOTOTYPES NÉGATIFS.

CHAPITRE PREMIER.

PROCÉDÉ AU COLLODION.

§ 1. — COLLODION ET BAINS.

1389. Collodion humide. — L'emploi du collodion humide est très avantageux dans les ateliers où l'on pratique les procédés industriels d'impression; les images obtenues sont plus fines que celles fournies par le procédé au gélatino-bromure. L'image s'obtient plus lentement que si l'on utilisait les plaques du commerce, mais cette lenteur d'impression est sans importance, sauf dans les cas de durée de pose extrêmement longue à la chambre noire. On peut alors empêcher le collodion de se dessécher à l'aide d'un préservateur à la glycérine. L'un des meilleurs est celui qui a été indiqué par Harrisson[1]. La sensibilisation de la plaque doit être faite dans un bain d'argent à 8 % d'eau distillée (I, **282**), bien exempt d'acide nitrique libre. Pour neutraliser cet acide on ajoute au bain quelques centigrammes d'acétate de soude et quelques gouttes d'acide acétique. Au sortir du bain d'argent, on laisse égoutter la glace, on la recouvre du préservateur qui est préparé avec 100 c. c. d'eau, 650 c. c. de glycérine, 650 c. c. de miel, 90 grammes de kaolin et 350 c. c. de bain d'argent bien exempt d'acide nitrique. Le mélange de ces diverses substances fournit un liquide boueux que l'on expose à la lumière diffuse pendant plusieurs jours : il noircit rapidement, et au-dessus du précipité noirâtre se trouve une solution limpide qui constitue le préservateur. La plaque sensibilisée au bain d'argent est recouverte deux fois de ce préservateur, que l'on verse à la surface de la couche collodionnée et sensibilisée; on fait écouler l'excès de liquide et l'on place la plaque dans le châssis.

L'exposition à la chambre noire peut être prolongée pendant plusieurs heures. Le développement s'effectue en employant soit le sulfate de fer avec acide acétique (I, **288**), soit le pyrogallol avec acide citrique ou tartrique. Les images obtenues à l'aide de ce révélateur sont à grain très fin

1. *Bulletin belge de la photographie*, 1867, p. 6, et *British Journal of Photography*, 1866.

et d'une teinte très intense, ce qui est une qualité pour les négatifs de reproduction de gravure.

1390. Collodion sec. — Les plaques préparées au collodion sec (I, **341**) permettent d'obtenir des images d'une très grande finesse, mais la sensibilité de ces préparations n'est pas très grande; on peut faire varier cette sensibilité en usant de divers artifices. M. Morris[1] utilise un collodion renfermant du nitrate d'argent que l'on transforme en bromure après l'avoir étendu sur la plaque. Le collodion est fait avec 500 c. c. d'alcool, 500 c. c. d'éther, 15 grammes de coton-poudre et 50 grammes de nitrate d'argent. La préparation s'effectue en faisant dissoudre le nitrate d'argent dans 20 c. c. environ d'eau chaude ou dans son poids de glycérine; on ajoute l'alcool, puis le coton-poudre; on agite fortement et l'on verse par petites quantités l'éther sur ce mélange, contenu dans un flacon. Après dissolution du coton-poudre, on abandonne le liquide au dépôt, on décante la portion limpide que l'on étend sur une glace; lorsque la couche de collodion a fait prise on plonge la glace dans un bain contenant 500 c. c. d'eau, 500 c. c. d'alcool, 150 à 300 grammes de bromure de potassium et 20 c. c. d'éther. Ce bain est maintenu à la température de 25° C. : le bromure d'argent ne tarde pas à se modifier et acquiert une grande sensibilité à la lumière; on lave la glace et on la soumet successivement à l'action d'une solution alcaline faible contenant de 0ᵍ7 à 1 gramme de potasse caustique par litre d'eau, puis d'une solution de 4 grammes de gélatine dans un litre d'eau. Après l'action de ce second bain, la plaque est plongée dans une solution très faible d'iodure de potassium (2 grammes pour 10 litres d'eau); on lave et on fait sécher les plaques qui doivent séjourner pendant huit à dix minutes dans chacun de ces bains.

On peut aussi préparer ces plaques d'après les procédés usuels, c'est-à-dire en se servant d'un collodion bromuré ordinaire. Les plaques sont sensibilisées dans un bain de nitrate d'argent très acide, contenant 15 % de nitrate d'argent et 5 % d'acide nitrique de densité 1,10; après la formation de la couche de bromure d'argent, on lave celle-ci et on fait passer la plaque sensibilisée dans les bains de potasse, de gélatine et d'iodure employés pour la préparation des plaques au collodion nitraté.

M. David[2] obtient par un procédé analogue au précédent des plaques dont la sensibilité atteint 22 à 23° Warnerke. Il prépare un collodion contenant 18 grammes de nitrate d'argent et 8 grammes de coton-poudre par litre; ce collodion est étendu sur glace, placée horizontalement, de façon à obtenir une couche épaisse; il faut environ 25 c. c. de collodion pour une plaque du format 18 × 24. Quand la couche a fait prise, il plonge la plaque dans un bain contenant 2 grammes de gélatine, 0ᵍ01 d'iodure de potassium, 80 à 120 grammes de bromure de potassium et 1 litre d'eau : l'immersion dans ce bain doit être prolongée jusqu'à ce que la couche soit complètement opaque. Lorsque le bromure d'argent est ainsi produit, on lui communique le maximum de sensibilité en laissant séjourner la plaque dans un bain de 18 à 25 grammes de bromure de potassium, 1 gramme de

1. *Aide-Mémoire de photographie pour* 1894, p. 79. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 307.

gélatine et 1 litre d'eau distillée : la rapidité de transformation augmente avec la température de ce bain. A 70°-75° C. l'immersion doit être prolongée pendant deux heures, tandis qu'à 90-95°, il suffit d'une heure pour obtenir le maximum de sensibilité : la grosseur du grain de la couche augmente progressivement jusqu'à devenir visible à l'œil nu. Aussitôt que la grosseur de ce grain paraît suffisante, on retire la plaque du bain, on la lave, on la fait sécher dans l'obscurité et on l'utilise à la façon habituelle. Le développement se fait par les procédés usuels. Ces plaques peuvent être rendues sensibles aux diverses radiations en les plongeant dans les bains orthochromatiques habituellement employés.

§ 2. — Emulsions au collodion.

1391. Émulsion au collodio-bromure. — Les émulsions au collodio-bromure ne fournissent pas de couches aussi sensibles que celles qui résultent de la préparation avec bain. On peut cependant faire mûrir le bromure en le portant à température élevée (90-95° C.); mais on court le risque d'obtenir des plaques sujettes à donner le voile gris.

L'addition d'une petite quantité de bichromate d'ammoniaque à une émulsion contenant un léger excès de nitrate d'argent, comme l'a indiqué Banks[1], permet d'éviter ce défaut; on ajoute ce bichromate d'ammoniaque à l'émulsion préparée par une formule quelconque : la masse prend une teinte rougeâtre que l'on fait disparaître par addition de bromure de cadmium. L'émulsion ainsi préparée est décantée, filtrée au coton et étendue sur glace; l'opération peut être faite en pleine lumière. Lorsque la couche a fait prise, on porte la glace dans le cabinet obscur et on la lave complètement; on peut alors l'exposer à la chambre noire. La sensibilité du bromure peut, d'ailleurs, être augmentée soit en traitant la plaque par les bains alcalins renfermant de la gélatine, soit par l'emploi de solutions colorantes, soit enfin en utilisant successivement ces deux procédés.

Au lieu d'ajouter le bichromate d'ammoniaque à l'émulsion, on peut, après avoir étendu celle-ci sur verre, traiter les plaques par un bain contenant 2 à 3 grammes de bichromate d'ammoniaque par litre d'eau ; on lave ensuite les glaces en les faisant passer dans diverses cuvettes contenant une solution très faible de bromure ou de chlorure de potassium; on termine par un lavage à l'eau distillée.

Pour rendre une émulsion au collodio-bromure sensible à diverses radiations et augmenter sa rapidité, on ajoute à 1 litre d'émulsion 30 c. c. d'une solution alcoolique d'éosine contenant 10 grammes d'éosine pour 1 litre d'alcool; on agite fortement après cette addition on filtre, et on étend le liquide sur les glaces; lorsque la couche a fait prise, on plonge la plaque dans un bain contenant 5 grammes de nitrate d'argent, 10 grammes de glycérine et 1 litre d'eau; on agite la cuvette jusqu'à ce que toute apparence graisseuse ait disparu de la surface de la couche, puis on expose dans la chambre noire; on lave la couche et on développe avec un révélateur alcalin. L'éosine employée dans ce procédé doit être préparée de la façon

1. *British Journal of Photography*, 21 décembre 1895.

suivante : dans 700 c. c. d'eau bouillante on dissout 20 grammes d'éosine commerciale; après dissolution, on ajoute de l'acide sulfurique étendu de dix fois son volume d'eau, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité; on recueille ce précipité sur un filtre sans plis, on le lave à l'eau distillée, puis on le dessèche. La matière ainsi obtenue est dissoute dans l'alcool à la dose de 1 °/₀; on ajoute 30 c. c. de cette liqueur à 1 litre d'émulsion.

Cette addition est inutile lorsque l'émulsion est destinée à fournir des plaques pour diapositives destinées aux projections. Dans ce cas, il est inutile d'utiliser les bains dont l'emploi n'a d'autre objet que l'augmentation de sensibilité de la plaque; cette augmentation de sensibilité étant réalisée au détriment de la finesse du grain, il vaut mieux, pour cette application spéciale, étendre l'émulsion sur le verre peu après la sensibilisation et laisser sécher les plaques après lavage. La couche d'émulsion étant assez transparente, il y a lieu de recouvrir le dos de la glace avec l'une des mixtures qui permettent d'éviter le halo (page 252).

CHAPITRE II

PROCÉDÉ AU GÉLATINO-BROMURE.

§ 1. — Préparation des plaques.

1392. Préparation du gélatino-bromure d'argent. — L'emploi des émulsions à la gélatine pour la préparation des plaques sèches et diapositives sur papier a été nettement indiquée en 1861 par Gaudin. Le 26 avril 1865 un brevet anglais fut accordé à V. H. Smith pour un procédé d'impression sur bois. Il employait une émulsion contenant de la gélatine mélangée de chlorure d'argent avec un grand excès de nitrate d'argent, comme l'avait indiqué Gaudin. Harrisson[1], en 1868, avait essayé d'utiliser l'émulsion à la gélatine bromo-iodurée qu'il développait au moyen d'un révélateur alcalin : il ne prépara par ce moyen que des couches inégales, à gros grains, incapables de fournir de bons négatifs. En 1871, le Dr Maddox[2] publia une méthode pour préparer une émulsion à la gélatine destinée à l'impression des positives sur papier et sur verre. Il se servait d'une émulsion contenant un excès de nitrate d'argent et révélait l'image avec l'acide pyrogallique et nitrate d'argent : il ne paraît pas qu'à cette époque il ait songé à employer ce procédé pour obtenir des phototypes négatifs.

M. Valenta prépare une émulsion à grain très fin, pouvant servir à obtenir des photographies du spectre solaire. On fait gonfler 33 grammes de gélatine dans 1 litre d'eau contenant 20 grammes de nitrate d'argent; d'un autre côté, on prépare une dissolution de 17 grammes de bromure de potassium dans un litre d'eau dans laquelle on fait gonfler 33 grammes de gélatine, on chauffe les deux liqueurs à la température de 35° C. et on les mélange en secouant fortement; la température ne doit pas dépasser 40° C. On verse alors 3 litres d'alcool dans le mélange de manière à précipiter l'émulsion; ce précipité est lavé pendant douze heures à l'eau courante; on le place ensuite dans un flacon d'un litre, on ajoute assez d'eau distillée pour obtenir le volume d'un litre et on fait dissoudre au bain-marie;

1. *British Journal of Photography*, 17 janvier 1868. — 2. *Ibid.*, 8 septembre 1871.

l'émulsion est ensuite filtrée à travers une peau de chamois et on peut l'étendre sur les glaces convenablement nettoyées[1].

La préparation de plaques au gélatino-bromure exemptes de grains peut s'effectuer très facilement, suivant M. Gœdike[2]. Si l'on verse une dissolution de nitrate d'argent et de gélatine dans une dissolution de bromure de potassium et de gélatine, les deux liquides étant à la température de 37° C., il ne se forme pas de précipité, le liquide étant opalescent et sensiblement transparent en couche mince. On fait refroidir cette émulsion dans une capsule de porcelaine, on la recouvre d'eau distillée : les sels solubles du mélange se dissolvent dans l'eau qui se trouble et laisse déposer une assez grande quantité de bromure d'argent floconneux; l'émulsion lavée peut être redissoute et étendue sur glace.

L'addition de chlorure d'acétyle permet, d'après M. Colby[3], d'augmenter la sensibilité de l'émulsion sans occasionner le voile. La préparation se fait à la manière ordinaire avec 30 grammes de nitrate d'argent, 90 c. c. d'eau, 30 c. c. d'ammoniaque, 10 grammes de gélatine, 300 c. c. d'eau, 20 grammes de bromure d'ammonium et 1 gramme d'iodure de potassium; après cinquante minutes de digestion au bain-marie à 40° C., le maximum de sensibilité est atteint, et l'émulsion donnerait des plaques se voilant facilement si l'on prolongeait le chauffage. Par une addition de 2 à 3 grammes de chlorure d'acétyle, la sensibilité augmente du double au quadruple.

M. Demole[4] a constaté que la nature et l'épaisseur de la gélatine qui emprisonne le bromure d'argent a une grande influence sur la qualité des plaques; moins il y a de gélatine par rapport à la quantité d'argent, plus la plaque est maniable; il suffit de 0gr150 d'argent par 216 centimètres carrés avec 0gr350 à 0gr400 de gélatine pour la même superficie.

On peut d'ailleurs obtenir des plaques très faciles à manipuler en étendant sur glace des couches de sensibilité différente, comme nous l'avons indiqué[5] en 1879. Les plaques Sandell, que l'on trouve dans le commerce, sont constituées par trois ou quatre couches d'émulsion de rapidité différente : la première couche au contact du verre ne marque que 5° au sensitomètre Warnerke et sert simplement à empêcher les rayons lumineux d'arriver jusqu'au verre; la seconde couche est plus rapide, la troisième plus rapide encore et la quatrième possède le maximum de rapidité. Si la durée du temps de pose est dépassée, il en résulte un voile sur la première couche, mais la seconde ou la troisième couche donnent un négatif parfait. Il est bon de développer jusqu'à ce que l'image soit visible à l'envers de la plaque, et l'on fait disparaître le voile par l'emploi d'un bain réducteur au ferricyanure de potassium. L'emploi de ces plaques permet d'éviter complè-

1. *Moniteur de la photographie*, 1892, p. 155. — 2. *Phot. Wochenblatt*, 1895. — 3. *Moniteur scientifique*, juillet 1895. — 4. *Revue suisse de photographie*, 1893, pp. 112, 215. — 5. *Aide-mémoire de photographie pour* 1879, p. 94, et *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1878, 1879.

tement le phénomène connu sous le nom de halo (I, **1008**). Il en est de même des plaques préparées par MM. Guilleminot et Roux : elles sont constituées par une première couche de gélatino-iodure d'argent en contact avec le verre. Cette couche, très peu sensible, est à peu près opaque aux rayons lumineux et empêche la lumière réfléchie par le dos de la glace d'altérer la couche de gélatino-bromure très sensible qui est étendue sur la première couche; à l'aide de cet artifice on n'a pas à craindre le *halo*.

Cet insuccès peut d'ailleurs être évité en se servant comme support de l'émulsion de verres colorés : lorsque le négatif est terminé on le transporte sur pellicule[1]. On peut aussi se servir de verres assez peu colorés pour ne pas être un obstacle au tirage des positives. Un procédé plus simple[2] consiste à recouvrir l'envers des plaques avec un collodion contenant : aurine, 8 grammes; alcool, 100 c. c.; collodion normal à 2 %, 300 c. c.; huile de ricin, 4 c. c. Avant de procéder au développement le collodion est enlevé au moyen d'un linge trempé dans l'alcool. Si l'on utilise les plaques orthochromatiques il faut enduire l'envers de celles-ci d'un corps qui absorbe les rayons verts-jaune; on ajoute à 1 litre de collodion (contenant 2 % de coton-poudre) 3 grammes d'aurantia, 3 grammes d'érythrosine et 2 c. c. d'huile de ricin; l'envers de la plaque est collodionné à la manière habituelle. La teinture de la couche, à l'aide d'un bain de picrate d'ammoniaque[3], amoindrit la sensibilité et ne réussit pas toujours.

On peut aussi utiliser pour le même objet le vernis noir que l'on trouve dans le commerce; on ajoute à ce vernis un peu de cire pour le rendre moins cassant et éviter les poussières qui se détacheraient pendant le transport. L'emploi du caramel, mélangé à la terre de Sienne, fournit aussi de bons résultats[4]. On prépare le caramel en chauffant le sucre à une température de 225° C.; on mélange 1 partie de caramel, 1 partie de solution épaisse de gomme arabique, 2 parties de terre de Sienne brûlée et 2 parties d'alcool méthylique; on applique cette couche au dos de la glace à l'aide d'un tampon de toile. Au lieu de caramel, on peut, comme l'a indiqué M. Drouet, se servir de dextrine. On mélange à sec 100 parties d'ocre rouge en poudre et 50 parties de dextrine, on ajoute 50 à 55 parties d'eau et 5 parties de glycérine, on malaxe le tout et on le passe au travers d'un tamis à toile métallique en s'aidant d'un pinceau plat à poils durs; on étend cet enduit au dos des plaques avec le même pinceau lavé et ocré, on met immédiatement sur la couche humide une feuille de papier jaune que l'on lisse avec les doigts.

M. Oakley s'est servi dans le même but d'une couche de gélatine colorée; sur celle-ci il applique une couche insoluble qui sert de support au gélatino-bromure d'argent. La coloration de la gélatine s'obtient par l'emploi du permanganate de potasse; au développement la couleur disparaît et le négatif est transparent[5].

M. Mussat[6] a conseillé de coller au dos de la plaque une pellicule compo-

1. Voir *Aide-mémoire de photographie pour* 1878, 1879, et *Bulletin de la Société française de photographie*, 1878. — 2. *Phot. Mittheilungen*, n° 18, 1893. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 395. — 4. *The Amateur photographer*, 9 août 1894. — 5. *British Journal of Photography*, n° 1867. — 6. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 529.

sée d'ocre et de gélatine, et insolubilisée par le formol; c'est, en somme, le procédé qui était employé à l'époque du collodion sec au tannin. On se servait d'une feuille de papier mixtionné pour procédé au charbon : on produisait le ramollissement et l'adhérence de ce papier en le plongeant préalablement dans une solution aqueuse de glycérine légèrement phéniquée et alunée. On a proposé, pour atteindre le même but, l'emploi d'une feuille de caoutchouc que l'on presse contre le dos de la plaque avec un simple rouleau formé d'un morceau de bois rond introduit à frottement dans un tube de caoutchouc : une pression modérée suffit pour assurer le contact optique sans danger de rupture de la plaque; on peut ramollir légèrement la couche de caoutchouc par l'emploi de benzine ou d'essence minérale. En Angleterre[1], on fabrique des coussinets contre le halo; ils sont formés d'une étoffe noire, enduite d'une préparation glycéro-gélatineuse, qui adhère facilement à la plaque dont on peut l'enlever tout aussi facilement. On peut préparer ces coussinets par le procédé suivant : on étend du collodion sur une plaque bien nettoyée et talquée ; quand cette couche est sèche, on la recouvre d'une couche de solution à 10 % de gélatine, à laquelle on ajoute un peu de glycérine; lorsque cette nouvelle couche est sèche, on la recouvre de gélatine colorée ainsi préparée : 12 parties de gélatine sont mises à gonfler dans 90 parties d'eau, puis fondues au bain-marie et additionnées de 8 parties de sucre et 80 parties de glycérine; lorsque le tout est bien mélangé, on y ajoute la matière colorante dans les proportions suivantes : pour 60 c. c. de solution de gélatine glycérinée on ajoute 2 c. c. d'une solution alcoolique saturée de chrysoïdine, 2 c. c. d'une solution alcoolique saturée d'aurine, 1/2 c c. d'une solution alcoolique saturée de violet de méthyle; on mélange le tout et on étend cette couche sur la plaque gélatinée, disposée bien horizontalement; la couche est sèche au bout de deux jours, on la détache du verre, et une légère pression exercée avec un rouleau la fait adhérer au dos de la plaque.

Ces divers procédés permettent d'éviter complètement le halo qui provient de la réflexion de la lumière au dos des plaques photographiques. Mais ce n'est pas la seule cause du halo, car on peut observer ce phénomène avec des couches sensibles étendues soit sur papier, soit sur pellicule de gélatine.

M. Houdaille[2] a proposé de donner le nom de *halo* à tout voile local indépendant de la volonté ou de l'habileté de l'opérateur. En prenant comme unité le temps de pose qui est strictement nécessaire pour obtenir un négatif utilisable pour le tirage des positifs sur papier, il a pu opérer un classement des différents halos dans l'ordre de leur apparition :

1° Le halo de diffusion, tenant à un défaut d'aplanétisme de l'objectif, exige quatre fois la pose normale;

2° Le halo de réflexion par la monture de l'objectif et la chambre noire exige dix fois la pose normale;

3° Le halo de transparence par propagation dans l'intérieur de la couche sensible exige dix fois la pose normale;

4° Le halo de réflexion totale ou auréole photographique exige vingt-cinq fois la pose normale;

1. *British Journal of Photography*, 1896, n° 1852. — 2. *The Amateur photographer*, 1896, n° 622. — 3. *Réunion des Sociétés savantes à la Sorbonne*, 1897.

5° Le halo de réflexion directe sur la face postérieure du verre exige cent fois la pose normale;

6° Le halo atmosphérique tenant aux poussières de l'air exige mille fois la pose normale;

7° Le halo chimique dû au dépôt par agrégation des molécules d'argent exige un nombre interminable de fois la pose normale.

Le temps de pose et le développement ont une influence considérable sur l'apparition du halo.

1393. Sensibilité des plaques. — M. le capitaine Abney a constaté que dans la pratique il valait mieux utiliser les plaques rapides, à l'exclusion des plaques lentes; les premières, à égalité de lumière et de distance, rendent mieux les ombres du sujet. Les plaques lentes, pour donner les ombres, doivent être surexposées, et dans ce cas les lumières sont grises et les négatifs sont ternes[1]. Au point de vue pratique, on peut déterminer entre plusieurs plaques quelles sont les plus sensibles; il suffit, non pas de faire des épreuves instantanées, mais de comparer les plaques en se servant de l'objectif muni de son plus petit diaphragme et photographiant un sujet peu éclairé; il faut que le temps de pose soit au moins d'une minute. On développe toutes les plaques dans la même cuvette en se servant du bain d'oxalate de fer (II, **427**); le développement doit être prolongé pendant au moins un quart d'heure, on fixe, et l'on peut alors examiner quelle est la plaque qui donne la meilleure image[2]. On réserve les plaques lentes pour photographier les sujets qui ne présentent pas de grandes oppositions d'ombres et de lumière.

La sensibilité des plaques varie avec le temps. M. Pellet[3] a constaté qu'il y avait lieu d'employer des plaques ayant plusieurs semaines de préparation. Il est bon de s'approvisionner de plaques quelque temps avant de les utiliser, la sensibilité atteignant son maximum après quelques semaines, cette sensibilité se maintenant pendant plusieurs mois pourvu que les plaques soient conservées à l'abri de l'humidité et de la trop grande chaleur.

Plus les plaques sont sensibles, plus elles se détériorent par défaut d'emballage. Tout corps, papier ou autre, qui est en contact avec la couche sensible finit par y imprimer sa trace, et dès lors la plaque est perdue : elle noircit sous l'influence du révélateur sans avoir été exposée à l'action de la lumière.

1394. Emballage des plaques. — Le meilleur mode d'emballage des plaques, d'après M. Goderus[4], consiste à les empiler l'une sur l'autre, les couches de gélatine étant alternativement en contact deux à deux. Les verres n'étant jamais plans, si l'on met les couches de gélatine l'une sur l'autre, les plaques ne se touchent que par deux bords, car l'étendage de la gélatine se fait sur le côté creux. Le contact par les bords ne nuit en rien aux surfaces sensibles, et par ce procédé on diminue la couche d'air qui les

1. *Photography*, n° 260. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1893, p. 637. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 533. — 4. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1893, p. 637.

sépare : c'est précisément cette couche d'air qui propage l'altération se traduisant au développement par des bords noirs. L'emballage se fait très rapidement si lors du coupage des plaques on peut couper le verre seul et non la gélatine. On place deux à deux et couche contre couche les plaques ainsi coupées : l'épaisseur de la gélatine constitue un emballage suffisant pour empêcher le bris des verres.

Si la conservation des plaques sensibles est suffisante pour les besoins usuels, il est certain que les meilleures plaques s'altèrent avec le temps; il semble qu'après une certaine période d'accroissement de sensibilité, la déperdition soit précisément proportionnelle à cette sensibilité. L'influence du papier qui sert à l'emballage est considérable, et pour éviter tout insuccès provenant de l'emploi du papier, M. Colson[1] opère de la manière suivante : il plonge pendant cinq minutes dans une solution de bichromate de potasse légèrement gommée du papier écolier; ce papier est ensuite séché, exposé sur ses deux faces à la lumière solaire pendant quelques heures, puis lavé de façon à enlever l'excès de bichromate. Il est alors imperméable à l'humidité et aux gaz; il possède une teinte d'un gris jaunâtre, peu favorable à l'emmagasinement et au passage de la lumière; l'hyposulfite qui se trouvait dans le papier est détruit. Les plaques doivent être emballées gélatine contre gélatine, en coiffant les deux bords opposés de chaque plaque au moyen d'un papier plié qui sépare par une bande étroite les deux couches en regard. Le paquet de plaques ainsi disposé est enfermé dans le papier au bichromate.

Certaines gélatines deviennent phosphorescentes à la lumière et conservent une activité capable d'impressionner la couche sensible en regard de laquelle elles se trouvent. Lorsque les plaques ont été exposées et que le développement doit être différé, il est bon de séparer les plaques par une feuille de papier bichromaté. Il faut éviter avec le plus grand soin de mettre une plaque en contact avec un papier portant des caractères d'encre ordinaire ou d'encre d'imprimerie, en raison de l'insensibilisation communiquée par l'oxydation de ces substances au gélatino-bromure. Lorsque les plaques doivent être transportées au loin, il est prudent d'exclure le zinc des parties de l'emballage qui peuvent être en contact immédiat avec les plaques. M. Colson[2] a montré que les vapeurs de zinc qui se dégagent à la température ordinaire voilent très facilement les plaques.

1395. Manipulation des plaques au gélatino-bromure. — Il peut arriver que l'on soit obligé de manipuler soit l'émulsion, soit les plaques au gélatino-bromure en présence de lumière artificielle autre que celle qui est tamisée au travers d'un verre rouge. Si on ne fait arriver sur la plaque que la lumière réfléchie par les murailles et le plafond de la pièce dans laquelle on opère, on peut manipuler les plaques sans qu'elles soient influencées après deux minutes d'exposition à cette lumière. En se plaçant à 4 mètres d'une bougie à laquelle on tourne le dos, on peut charger les châssis sans avoir à craindre l'altération de la plaque. On peut aussi développer au moyen de la lumière d'une bougie enveloppée d'au moins quatre

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 392. — 2. *Ibid.*, p. 338.

couches de papier de soie transparent brun et recouvert d'un écran que l'on soulève de temps en temps pendant trois à quatre secondes pour juger de l'intensité du négatif; mais il ne faut pas oublier que pendant ces diverses manipulations la plaque ne doit être frappée que par la lumière réfléchie et non pas celle qui émane directement de la bougie[1].

Les petits trous qui apparaissent sur les plaques après le développement proviennent le plus souvent soit de la poussière qui existe dans la chambre noire ou dans le châssis, soit d'un époussetage mal fait. La couche sensible doit être époussetée avant la mise au châssis et avant le développement. Pour épousseter convenablement, il faut se servir d'une planchette mince sur laquelle on attache à cheval un morceau de velours ou de peluche de soie; on se sert de cet instrument comme d'une raclette en caoutchouc, et si l'on a soin de maintenir le velours en bon état de propreté on évitera complètement ces petits trous si difficiles à retoucher. L'emploi du blaireau n'est pas suffisant pour éliminer les poussières qui adhèrent très fortement à la surface des plaques[2].

§ 2. — Révélateurs.

1396. Généralités. — MM. Lumière ont confirmé par de nouvelles expériences les faits qu'ils avaient annoncés, à savoir que les hydrazines de la série grasse ne sont pas susceptibles de développer les plaques au gélatino-bromure d'argent, bien que ces substances constituent des corps réducteurs. Les groupements hydraziniques et hydroxylamiques n'impriment des propriétés développatrices aux corps qui les possèdent qu'à la condition d'être fixés directement sur un noyau benzénique[3]. Ils ont démontré de plus que le groupe carboxylique CO OH substitué dans un noyau aromatique atténue considérablement et même dans certains cas détruit complètement les propriétés développatrices que lui confère l'introduction des oxydriles phénoliques[4]; c'est au caractère fortement acide du carboxyle qu'il faut attribuer cette influence, car, après éthérification de ce groupement, les propriétés développatrices apparaissent de nouveau.

MM. Lumière et A. Seyewetz ont recherché si la présence du groupe cétonique CO, doué de propriétés acides mais faibles, atténuait également le pouvoir réducteur des polyphénols, ou bien si ce groupe avait sur ceux-ci une action nulle permettant d'employer comme révélateurs certains composés oxycétoniques utilisés dans le commerce. L'expérience a prouvé que dans certaines conditions le groupe CO peut détruire le pouvoir révélateur des oxhydriles phénoliques. De l'étude d'un assez grand nombre de corps, ces savants ont conclu :

1° Que le groupement cétonique substitué dans un noyau renfermant une ou plusieurs fonctions phénoliques développatrices ne modifie pas sensiblement les propriétés que lui confèrent ces fonctions, lorsque ce groupe cétonique est soudé d'autre part à un résidu gras ou à un noyau aromatique ne renfermant pas d'oxhydrile.

1. *Phot. Correspondenz*, 1892. — 2. *Photo-Gazette*, 1891, p. 220. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 338. — 4. *Ibid.*, 1893. — 5. *Ibid.*, 1897, p. 415.

2° Le pouvoir révélateur est détruit dès qu'une ou plusieurs substitutions hydroxylées ont lieu dans ce deuxième noyau aromatique, quelle que soit la position relative des oxhydriles.

On ne peut donc pas, comme on aurait pu le croire *à priori*, augmenter le pouvoir développateur d'un polyphénol en lui soudant un deuxième noyau polyphénolique par l'intermédiaire d'un groupe cétonique; mais au contraire, dans ce cas, le pouvoir développateur est complètement détruit.

On peut, dans une mesure qui est loin d'être négligeable, augmenter le rendement de la plaque photographique en étendant d'abord sur le verre une première couche d'un blanc opaque et en coulant par-dessus la couche sensible. Cette couche, comme l'a indiqué M. Colson[1], doit être peu épaisse et aussi opaque que possible afin d'éviter une diffusion de lumière dans son épaisseur, ce qui nuit à la netteté. On peut obtenir cette couche support avec le chlorure d'argent qui est moins sensible que le bromure et qui au fixage se dissout dans l'hyposulfite de soude; l'opacité de la couche disparaît ainsi. On peut, d'ailleurs, trouver un assez grand nombre de substances agglutinantes et de poudres blanches produisant une couche très mince, très opaque, insoluble dans l'eau froide et capable d'être rendue transparente pour l'opération du tirage.

1397. Influence de la température sur le développement. — Le développement à chaud était employé dans les anciens procédés utilisant le collodion sec (I, **337**). Draper[2], Plücker[3], Sutton[4] ont observé que les plaques préparées au collodion sec se développent plus facilement et plus complètement lorsque la température est élevée. L'auteur de cet ouvrage a, le premier[5], indiqué l'influence de l'abaissement de température sur le révélateur à l'oxalate de fer appliqué aux plaques au gélatino-bromure. Deux ans après, Brooks constata que le révélateur au pyrogallol et ammoniaque, qui donne des images voilées à la température de 26° C., fournit, au contraire, des images brillantes à la température de 15° C., tandis qu'à 5° C. l'image manque de détails. Les essais méthodiques entrepris par le Dr Eder[6] ont vérifié les observations de ses devanciers; il démontra, de plus, que le révélateur à l'acide pyrogallique est moins modifié par l'abaissement de température que ne l'est le révélateur au fer.

La température à laquelle peut être portée la couche sensible pendant l'exposition à la lumière ou bien avant le développement a fait l'objet de nombreuses recherches de la part de M. le capitaine Abney[7]. Il constata qu'en appliquant au dos de la plaque un fer chaud, la sensibilité de celle-ci était de beaucoup augmentée; au contraire, si l'on appliquait un morceau de glace au dos de la plaque, l'influence de l'abaissement de température se traduisait par un manque d'intensité; il ajoutait que, « dans la pratique », on ne devait pas perdre de vue ces expériences. Les expériences d'Abney fu-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1897, p. 206. — 2. Van Monckoven, *Traité général de photographie*, 5e édition, p. 265. — 3. *Bulletin belge de la photographie*, mai 1871, p. 110. — 4. *British Journal of Photography*, 1871, p. 554. — 5. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1880, p. 297, et Eder, *Ausfurliches Handbuch der Photographie*, III, 1890, p. 90. — 6. *Phot. Correspondenz*, 1883, p. 87. — 7. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1884, p. 226.

rent faites en portant les plaques jusqu'à la température de 49° C.; Toth[1] chauffa à 100° C. et constata une augmentation de sensibilité; Schumann[2] continua les observations jusqu'à 130° et vérifia qu'à cette température la plaque donne des images voilées. Henderson[3], Burton[4], Drechser[5], Gœdike[6] ont fait varier les conditions de ces expériences et sont arrivés à ce résultat, vérifié par le Dr Eder, à savoir que, pour les plaques au gélatino-bromure, le chauffage soit avant, soit après l'exposition à la chambre noire ne présente aucun avantage.

Il semble que pour la plupart des révélateurs l'optimum de température soit au voisinage de 25°. Dans la pratique, pendant l'hiver, on se rapprochera autant que possible de cette température en chauffant les cuvettes et le développateur, soit en lavant les cuvettes de porcelaine à l'eau très chaude pendant que la plaque repose sur une caisse en zinc contenant de l'eau à 35 ou 40° C., soit en opérant dans une sorte d'étuve[7] à parois remplies d'eau chaude, de façon à maintenir une température voisine de 25°.

1398. Influence de la dilution et de la durée du développement. — Dans les anciens procédés photographiques permettant d'obtenir des négatifs, on cherchait à produire d'abord une image très légère, mais riche en détails, même dans les ombres. Ce résultat étant obtenu, et alors seulement, on donnait au négatif l'intensité nécessaire pour fournir une bonne photocopie; c'était la marche suivie dans l'emploi des procédés sur papier, à l'albumine ou au collodion sur verre, etc. Dans ce dernier procédé, on révélait les détails le plus souvent à l'aide du développement alcalin et l'on donnait l'intensité avec le révélateur acide au nitrate d'argent. Dans le procédé au gélatino-bromure, surtout depuis l'apparition des révélateurs dits *automatiques*, on cherche à produire l'image en une seule opération; mais la rapidité du développement n'est pas en général suffisante pour permettre aux ombres de se développer avant que les grandes lumières ne soient empâtées; on produit donc des négatifs *durs*. Pour empêcher cet empâtement, Lugardon, de Genève, essaya de développer *lentement* l'image dans un bain d'acide pyrogallique suffisamment dilué pour fournir un négatif de très faible intensité. Lorsque les détails ont apparu (après un temps quelquefois très long, dix à douze heures), on donne à l'image l'intensité qu'elle doit avoir.

Ce mode de developpement, qui remonte à l'origine du procédé sur albumine, est connu sous le nom de *développement lent*. On l'exécute sur un assez grand nombre de plaques renfermées dans une même cuvette verticale à rainures (**1383**). Presque tous les révélateurs donnent de bons résultats en employant ce procédé qui suppose une stabilité assez grande des produits employés au développement.

1399. Méthode d'essai d'un révélateur. — M. le capitaine Houdaille[8] a proposé une méthode d'essai des révélateurs basée sur ce fait que

1. *Phot. Correspondenz*, 1884, p. 205. — 2. *Phot. Wochenblatt*, 1884, p. 229. — 3. *Phot. News*, 1884, p. 447. — 4. *British Journal of Photography*, 1882, p. 369. — 5. *Phot. Archiv.*, 1882, p. 126. — 6. *Phot. Mittheilungen*, XXIII, p. 191. — 7. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1895. — 8. *Bulletin de la Société française de photographie*, 4 décembre 1896.

l'art photographique a pour but, étant donné une gamme de teintes, obtenir un négatif qui permette de reproduire une gamme analogue sur l'épreuve positive. Dans la pratique, il paraît suffisant d'établir une gamme d'intensités lumineuses allant de 1 à 48. Cette gamme de teintes est représentée dans le négatif par l'opacité du dépot d'argent. On dit que l'opacité est égale à 5, 10, 20, lorsque la couche laisse passer 1/5e, 1/10e, 1/20e de la lumière qu'elle reçoit. Cette opacité absolue n'est utile à connaître qu'au point de vue de la durée du tirage. La valeur de l'épreuve positive dépend uniquement du rapport des différentes opacités. Il vaut mieux prendre pour unité l'opacité de la teinte la plus claire du négatif. Dans la plupart des négatifs, cette gamme peut se représenter par des chiffres variant de 1 à 20; pour des négatifs très vigoureux, elle peut atteindre de 20 à 40. Il y a tout intérêt à chercher un révélateur qui augmente cette gamme le plus possible. Le révélateur théorique serait celui qui traduirait la gamme des intensités lumineuses par une gamme d'opacités de même valeur. Ce révélateur n'existe pas; mais, suivant le résultat que l'on veut obtenir, on peut avoir intérêt à augmenter ou à abaisser l'étendue de la gamme d'opacités.

Les qualités à exiger d'un révélateur dans la pratique sont les suivantes : il doit permettre d'obtenir une gamme d'opacités allant de 1 à 12, et, si c'est possible, de 1 à 25, et se rapprocher du révélateur théorique; il doit développer en moins de huit minutes, afin d'éviter le jaunissement de la couche, et doit produire toute son action en trois minutes au moins afin de pouvoir suivre facilement la venue de l'image; enfin, les divers effets d'augmentation ou de diminution de contraste doivent pouvoir être obtenus par une modification aussi simple que possible de la formule.

La méthode d'essai imaginée par M. Houdaille consiste à obtenir, sur une plaque au gélatino-bromure d'une marque déterminée, une série d'impressions correspondant à des intensités lumineuses variant de 1 à 48, à mesurer l'opacité relative de chaque teinte et à construire point par point la courbe des opacités. Trois cas se présentent :

1° La courbe est une ligne droite : les opacités sont proportionnelles aux intensités; le négatif est *complet et harmonieux;*

2° La courbe a la concavité tournée vers le haut : les demi-teintes du sujet sont sacrifiées au profit des teintes extrêmes; *négatif heurté, dur;*

3° La courbe a la convexité tournée vers le haut : *négatif gris, uniforme.*

Le matériel utilisé pour faire les essais consiste dans un châssis positif pour 13 × 18 qui reçoit une planchette percée de douze trous; ces trous sont obturés par des lamelles à coulisse; la plaque à essayer est placée dans le châssis. On l'impressionne au moyen d'un verre dépoli éclairé par une bougie placée successivement à 2 mètres, 1 mètre et 0m50. Le premier trou de chaque rangée pose trente secondes; le deuxième, vingt secondes; le troisième, dix secondes, et les neufs trous impressionnés ont reçu des quantités de lumières représentées par les chiffres

1 2 3 4 8 12 16 32 48

Les trois premiers chiffres correspondent aux tons noirs; les trois suivants, aux tons gris; les trois derniers, aux tons blancs. On développe et

on arrête le développement au moment où le neuvième rond est parfaitement visible sur la plaque.

Pour mesurer l'opacité, on tire un contre-type en impressionnant cette fois la quatrième série de trous pendant cinq, dix et quinze secondes au moyen d'une bougie placée à 2 mètres et en donnant aux autres séries la même impression que précédemment.

Si les opacités étaient représentées par les chiffres

1 2 3 4 8 12 16 32 48

les neuf teintes seraient d'égale valeur. Il est facile, en comparant chaque teinte aux trois teintes témoins, de déterminer pour chacune d'elles la valeur de l'opacité absolue d'abord, puis celle de l'opacité relative. En prenant comme abscisses les intensités lumineuses, on peut construire point par point la courbe des opacités.

Tous ces essais doivent être faits avec la même émulsion et en opérant à la température constante de 15°.

En étudiant la loi d'apparition de l'image, et cherchant la relation qui existe entre la durée d'apparition et l'intensité lumineuse de l'objet, M. Houdaille a trouvé que cette durée est inversement proportionnelle à la racine quatrième de la pose. Dans le sujet normal représenté par les intensités 1, 2, 3, 8..., 48, on peut prévoir le temps d'apparition des différentes parties de l'image et fixer la durée du développement : il suffit de noter le temps de l'apparition des grandes lumières, à multiplier ce chiffre par 3, et à retirer la plaque du bain quelques secondes avant l'expiration de ce délai.

M. Houdaille mesure la *rapidité d'action* d'un révélateur (improprement appelée énergie) par le temps, en secondes, nécessaire pour l'apparition de l'impression produite par une bougie placée à 1 mètre de distance, agissant pendant une seconde. La température, la composition de la formule, la nature de l'émulsion, l'épaisseur de la couche jouent un rôle considérable.

La rapidité d'action d'un bain est sensiblement proportionnelle à son degré de concentration. Il faut éviter de conserver longtemps un bain préparé d'avance et qui contient du bromure; sa rapidité d'action diminue considérablement. Il vaut mieux conserver les constituants du bain en dissolutions séparées, s'il s'agit de l'hydroquinone.

Les bains concentrés ou dilués à l'hydroquinone ont une tendance à donner des négatifs uniformes peu intenses: suivant le degré de dilution du bain, le développement peut durer de trois à dix minutes.

La durée de la pose a une influence considérable : avec une même plaque et un même révélateur, toute pose différente amène un résultat différent. Dans la pratique, les temps de pose peuvent varier de 1 à 20 sans amener de différences bien appréciables dans la valeur du négatif; il peut même être utilisable en faisant varier la pose de 1 à 80. Pour des écarts plus considérables, il faut modifier le révélateur. Le négatif le plus harmonieux est obtenu avec une durée de pose égale à dix fois la pose minima.

M. Houdaille a trouvé que si l'on employait deux réducteurs, le poids en grammes, par litre, des deux réducteurs doit être proportionnel à leur énergie, et d'autant plus faible que la pose est plus longue; dans la pratique il convient de ne pas s'éloigner des chiffres suivants :

Négatif sous-exposé....	Poids total....	12 gr. à 16 gr.	par litre.
— pose normale..	—	6 — à 8	—
— surexposé.....	—	3 — à 4	—

Avec les bains combinés il faut une précision plus grande dans l'évaluation du temps de pose que lorsque l'on emploie les bains simples.

1400. Emploi du formol. — L'action du formol sur la gélatine a fait préconiser son emploi dans les développateurs alcalins soit pour éviter le décollement de la couche de gélatine, soit pour développer à température élevée.

MM. Lumière frères et A. Seyewetz ont examiné si par l'action des révélateurs à fonction phénolique les propriétés tannantes de la formaldéhyde étaient détruites ou seulement atténuées. En employant 2 c. c. de solution commerciale de formol avec 100 c. c. de révélateur à l'acide pyrogallique, au diamidophénol, à l'iconogène, à l'hydroquinone, au paramidophénol et au métol, la gélatine est tannée comme si l'on employait une solution renfermant 2 c. c. de formol pour 100 c. c. d'eau; mais la gélatine prend des colorations variables avec les diverses substances. Ces colorations sont les suivantes :

Acide pyrogallique...	Brune très foncée.
Diamidophénol.....	Brune moins foncée que la précédente.
Hydroquinone.....	Jaune très faible.
Iconogène.....	Jaune faible.
Paramidophénol.....	Nulle.
Métol.....	Nulle.

L'emploi du formol doit donc être proscrit pendant le développement (sauf avec le métol et le paramidophénol) à cause des colorations que provoque cette substance en libérant l'alcali qui augmente dans des proportions notables l'oxydation à l'air du révélateur phénolique [1].

M. Helheins [2] emploie le formol de la manière suivante : avant le développement, la plaque est plongée dans une solution contenant 50 c. c. de formol du commerce pour 1 litre d'eau; on lave et on développe dans un révélateur contenant quelques gouttes de solution de bromure.

Schwartz et Merklin [3] ont constaté les premiers qu'en ajoutant le formol à un révélateur organique le pouvoir réducteur est augmenté : la coloration de la gélatine s'oppose à l'emploi pratique de ce procédé. MM. Lumière frères et Seyewetz [4] ont constaté que la plupart des aldéhydes et des acétones donnent lieu au même phénomène. Ces corps additionnés de sulfite de soude (dont la présence est indispensable) sont susceptibles d'accélérer le développement et permettent de révéler l'image latente en utilisant des révélateurs à fonction phénolique en solution aqueuse sans addition d'alcali. Il est probable que le phénol forme un phénate alcalin avec une partie de l'alcali du sulfite; ce dernier, transformé alors en bisulfite, donne avec

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 544. — 2. *Der Amateur Photographer*, août 1896. — 3. *Phot. Archiv.*, 1890, p. 124. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 558.

l'acétone ou l'aldéhyde une combinaison bisulfitique. Cette réaction a lieu, au moins en partie; elle est limitée par la réaction inverse, elle se continue au fur et à mesure de la destruction du phénol dans le développement.

1401. Révélateur à l'acide pyrogallique. — Le révélateur à l'acide pyrogallique fournit les meilleurs résultats lorsqu'on l'emploie à l'état de solution diluée. Le Dr Meydenbauer a montré qu'un développateur très dilué produit beaucoup plus de demi-teintes et un négatif plus harmonieux que celui qu'on aurait obtenu si, la plaque manquant de pose, on eût employé un révélateur concentré. Le Dr Neuhauss a constaté que des plaques qui marquaient 27° au sensitomètre Warnerke, en employant un révélateur de concentration moyenne, donnaient 30° quand on employait un révélateur très dilué. Il prépare ce révélateur à l'aide d'une solution de réserve contenant 1,000 c. c. d'eau, 200 grammes de sulfite de soude cristallisé, 28 grammes d'acide pyrogallique. Pour développer l'image, il mélange 3 c. c. de cette dissolution à 150 c. c. d'eau; il ajoute 3 c. c. d'une solution de carbonate de soude à 10 %, et plonge la plaque dans le bain ainsi préparé : l'opération s'effectue lentement.

Si les plaques ont été exposées pendant un temps très court, on emploiera avec avantage le mode opératoire indiqué par M. Mach, à la condition de soustraire complètement la plaque à l'action de la lumière pendant toute la durée du développement[1]. On prépare deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 200 grammes; acide pyrogallique, 20 grammes; — B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de soude cristallisé, 125 c. c. On mélange 20 c. c. de A), 20 c. c. de B) et 150 c. c. d'eau; à ce mélange, on ajoute 15 à 30 gouttes de solution de bromure de potassium à 10 %. Les liquides doivent être à la température de 12° C.; après dix minutes d'action, on examine la plaque. Si l'image commence à paraître, on remplace le premier bain développateur par un nouveau à température plus élevée de 2° C. et contenant moins de bromure. On continue ainsi le développement, qui dure quelquefois trois heures, jusqu'à ce que l'image paraisse complète, même à l'envers de la plaque. On élève progressivement la température des bains développateurs successifs, et on diminue pareillement l'addition de bromure, de manière à obtenir au bout d'une heure et demie un bain à 18° C. contenant 7 gouttes de solution de bromure pour 200 c. c. de bain. Si l'image, au bout de dix minutes, apparaît dans ses détails, on remplace le bain toutes les sept minutes par un bain nouveau de même température et composition; dans ce cas, l'image est entièrement développée après une demi-heure.

Lorsque l'exposition a été faite d'une façon correcte, il est mieux d'employer les solutions suivantes : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 135 grammes; — B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de soude cristallisé, 135 grammes; — C) eau, 1,000 c. c.; acide sulfurique, 4 c. c.; acide pyrogallique, 28 grammes. Le bain révélateur est formé de parties égales des solutions A, B, C dans le cas de temps de pose

1. *Suddeutsche Photographen Zeitung*, 1894, n° 4.

normal; on additionne ce mélange de quelques gouttes de dissolution de bromure de potassium à 10 %. Si la plaque présente une forte surexposition, ce que l'on reconnaît à la brusque apparition de l'image, on retire la plaque du bain, on lave et on mélange 200 c. c. de solution pyrogallique, avec 200 c. c. de solution de sulfite et 40 gouttes de solution de bromure de potassium; la glace est plongée dans ce bain et on ajoute peu à peu la solution de carbonate de soude[1].

L'image peut d'ailleurs être développée très lentement par la seule action du mélange de sulfite de soude pur et d'acide pyrogallique, comme l'a montré Bate[2] en 1884 et comme l'ont vérifié depuis de nombreux observateurs.

L'emploi d'un révélateur pyrogallique dont l'action est très rapide a été indiqué par M. de Clercq[3]. On prépare deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; acide oxalique, 4 grammes; bromure de potassium, 4 grammes; acide pyrogallique, 4 grammes; — B) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 120 grammes; carbonate de potasse, 50 grammes. On commence par immerger la plaque dans 75 c. c. de la solution de sulfite et carbonate, puis l'on ajoute peu à peu 8 à 10 c. c. de la solution pyrogallique. Dans le cas d'excès de pose, on ajoute goutte à goutte une dissolution de bromure de potassium à 10 %.

1402. Révélateur au diamidophénol. — Le grand avantage que présente l'emploi de l'amidol réside en ce que l'on peut l'employer sans alcalis qui attaquent plus ou moins la gélatine et ont une tendance à faire détacher du verre la couche sensible. On a reproché à ce révélateur de ne pas fournir de négatif à noirs intenses. MM. Lumière ont montré que l'addition d'un excès de sulfite de soude au bain d'amidol permet d'obtenir des négatifs très doux présentant même une tendance au voile; au contraire, la simple dissolution d'amidol dans l'eau fournit des négatifs à oppositions violentes, constitués par des blancs et des noirs. La dissolution aqueuse d'amidol se conserve mal; il est donc indispensable de préparer cette dissolution au moment de l'emploi, et si l'on désire des images vigoureuses, on ne doit employer qu'une faible quantité de sulfite de soude.

Les formules suivantes sont les plus employées :

	I	II	III	IV
Eau.....	1,000	1,000	1,000	1,000
Sulfite de soude anhydre..	40	40	70	33
Amidol.....	5	5	7,5	5
Acide oxalique...	»	»	»	0,5
Bromure de potassium.....	»	1	1	»

1. *The Amateur Photographer*, n° 605. — 2. *British Journal of Photography*, 1884, n° 1221 et 1253. — 3. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1896, p. 823.

I. Lumière, 1894. — II. Abney[1]. — III. Maes[2]. — IV Newcomb[3].

Liesegang[4] a constaté qu'il n'est nullement indifférent d'ajouter de l'hyposulfite au début du développement ou au cours de cette opération. En présence d'un développateur lent, on peut admettre que l'action destructrice de l'hyposulfite précède le développement, et la conséquence est un retard dans le développement. En présence d'un révélateur rapide, les petites traces d'hyposulfite n'ont pas le temps de modifier le bromure d'argent, et le développement précédera l'action chimique de l'hyposulfite.

MM. Lumière fabriquent l'oxalate de diamidophénol à l'état de pureté. La formule la plus généralement employée avec ce produit est la suivante : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude anhydre, 30 à 40 grammes; oxalate de diamidophénol, 5 grammes.

M. Stolze a recommandé d'ajouter 1 gramme de chlorure d'aluminium à 100 c. c. de solution révélatrice à l'amidol; ce corps agit comme retardateur.

L'addition d'alcalis altère ce révélateur; l'addition d'un acide, comme l'acide acétique, diminue le pouvoir réducteur de l'amidol, qui est d'ailleurs peu sensible à l'action du bromure de potassium.

1403. Révélateur à l'hydroquinone. — Les recherches relatives aux méthodes d'essai des révélateurs (**1399**) ont été faites par M. Houdaille en employant d'abord le révélateur à l'hydroquinone et carbonate de soude. Le révélateur employé par M. Houdaille, et appelé par lui *révélateur normal à l'hydroquinone,* résulte du mélange fait par parties égales, au moment de l'emploi, de trois solutions séparées, contenant : A) eau, 333 c. c.; sulfite de soude anhydre, 50 grammes; hydroquinone, 15 grammes; B) eau, 333 c. c.; carbonate de soude, 100 grammes; C) eau, 333 c. c.; bromure de potassium, 1gr5. Ce bain a une tendance à accentuer les contrastes; l'opacité maxima est égale à 46. Si la quantité totale d'eau est diminuée de moitié ou doublée, le négatif est uniforme et l'opacité maxima varie entre 13 et 17.

L'effet maximum d'opacité est obtenu avec 13 grammes par litre. On ne doit pas descendre au-dessous de 7 grammes par litre si l'on veut obtenir un négatif utilisable pour le tirage sur papier.

Le révélateur à l'hydroquinone est un de ceux qui permet les plus grands écarts dans l'appréciation du temps de pose. Il est possible, en effet, avec des poses variant de 1 à 20, d'obtenir une série de négatifs de même intensité; une simple addition d'eau au bain normal permet de varier les effets de contraste et de transformer si l'on veut un paysage en plein soleil en un effet de brume.

1. *Phot. News*, 1896, n° 1937. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1895, p. 265. — 3. *Aide-mémoire de photographie*, 1896, p. 74. — 4. *Phot. Archiv.*, 1896, n° 780.

Un des développateurs dont la rapidité d'action est quelquefois avantageuse se prépare à l'aide de deux solutions : A) eau, 500 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 200 grammes ; prussiate jaune de potasse, 10 grammes ; hydroquinone, 20 grammes ; B) eau, 500 c. c.; soude caustique, 40 grammes. On mélange ces deux solutions par parties égales au moment de l'emploi. Le développement est achevé en moins d'une minute. Cette solution révélatrice sera étendue de deux à cinq fois son volume d'eau pour les négatifs surexposés. M. Maiden[1], qui a fait connaître cette formule, plonge la plaque développée, sans la laver, dans un bain fraîchement préparé contenant : eau, 1,000 c. c.; bisulfite de soude en solution concentrée, 15 c. c.; acide sulfurique, 4 c. c. On laisse la plaque dans ce bain en l'agitant pendant toute la durée de l'immersion, puis, sans la laver, on la fixe dans un bain contenant : eau, 1.000 c. c.; hyposulfite de soude, 200 grammes; bisulfite de soude en solution concentrée, 50 c. c.

Target[2] a recommandé l'emploi de la lithine caustique en place de soude. Le bain de développement contient 1,000 c. c. d'eau, 125 grammes de sulfite de soude cristallisé, 12 grammes d'hydroquinone et 5 à 10 grammes de lithine caustique.

MM. Lumière ont montré que l'on pouvait employer le phosphate tribasique de soude en place des alcalis.

Le Dr Eder a recommandé, comme accélérateur pour développement à l'hydroquinone, l'emploi de quelques gouttes d'une dissolution d'iode. On fait dissoudre 10 grammes d'iode dans 500 c. c. d'alcool; quand la dissolution est complète, on ajoute 500 c. c. d'eau. En versant trois à six gouttes de cette dissolution dans un bain d'hydroquinone, on diminue la durée du développement et l'on obtient des images très brillantes.

M. Valenta[3] a fait connaître la formule d'un révélateur concentré qui se trouve dans le commerce. On le prépare en dissolvant 100 grammes de sulfite de soude anhydre et 40 grammes d'hydroquinone dans 1 litre d'eau ; après dissolution, on ajoute 200 grammes de carbonate de potasse. Au moment de l'employer, on l'étend de 2 à 4 volumes d'eau.

1404. Révélateur à la pyrocatéchine. — MM. Poulenc sont parvenus à obtenir la pyrocatéchine à un prix de revient très réduit qui permet son emploi comme révélateur. Ils recommandent d'employer un bain contenant : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 28 grammes; carbonate de soude, 50 grammes; pyrocatéchine, 11 grammes.

On prépare un excellent bain de développement par le mélange de deux dissolutions : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude anhydre, 45 grammes; pyrocatéchine, 22 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de potasse, 200 grammes. Pour les plaques ayant subi une courte exposition, on prend 1 partie d'eau et 1 partie de chacune des dissolutions A) et B); dans les cas où la durée de la pose a été très courte, on prend 1 partie de A) et 2 parties de B). Pour les négatifs de paysages, reproductions, etc., il vaut mieux utiliser la formule indiquée par MM. Poulenc.

1. *The Practical Photographer*, n° 51. — 2. *Moniteur de la photographie*, 1892, p. 111. — 3. *Phot. Correspondenz*, janvier 1893.

1405. Révélateur à l'iconogène. — Le plus souvent, on emploie l'iconogène mélangé à d'autres substances révélatrices. M. Edwards[1] a indiqué un mode de développement qui permet d'obtenir de bons négatifs lorsque la durée d'exposition a été très faible. On prépare une dissolution saturée d'iconogène et de sulfite de soude, on ajoute à cette liqueur quelques gouttes d'une solution alcaline concentrée; on prépare d'autre part une dissolution de 100 grammes de carbonate de potasse dans 1 litre d'eau. La plaque est plongée dans la première dissolution; on l'abandonne dans ce liquide jusqu'à ce que l'image commence à paraître. A ce moment, on plonge la plaque, sans la laver ni la faire égoutter, dans la solution de carbonate de potasse, où elle atteint l'intensité voulue.

1406. Révélateur au paramidophénol. — Le révélateur au paramidophénol donne de bons résultats lorsqu'il s'agit de développer des négatifs de paysage ou de sujets pour lesquels le temps de pose a été trop prolongé. M. Bach[2] recommande la formule suivante : A) eau, 1,000 c. c.; bisulfite de soude, 2 c. c.; chlorhydrate de paramidophénol, 20 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 60 grammes; carbonate de potasse, 125 grammes. On mélange une partie de la première solution et deux parties de la seconde. Cette dernière solution peut d'ailleurs être remplacée par le mélange suivant : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 60 grammes; phosphate de soude tribasique, 75 à 100 grammes.

1407. Révélateur au métol. — La formule suivante a été recommandée pour le développement des plaques Lumière : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 100 grammes; métol, 10 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de potasse, 100 grammes ou carbonate de soude, 200 grammes. Pour des poses normales, on mélange parties égales de ces solutions qu'on additionne de 40 gouttes de solution de bromure de potassium à 10 % pour 20 c. c. de mélange; on diminue la quantité de bromure dans les cas de surexposition; on l'augmente en cas contraire. On obtient un révélateur agissant plus rapidement en augmentant la proportion de métol et utilisant les formules suivantes : A) eau, 1,000 c. c; sulfite de soude cristallisé, 150 grammes; métol 15 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de soude, 100 grammes. On mélange par parties égales chacun de ces liquides et on ajoute quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium à 10 %.

Le métol développe en présence du sulfite de soude seul. L'addition de carbonate de potasse ou de soude a pour but d'accélérer la venue de l'image[3]; plus il y a d'alcali dans le bain, plus le développement est rapide et moins le bromure de potassium agit comme retardateur. Une des meilleures formules est constituée par le mélange suivant : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 75 grammes; métol, 15 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de soude cristallisé, 330 grammes; bromure de potassium, 2 grammes. S'il s'agit de développer des négatifs faits dans l'atelier, on prend 40 c. c. de A), 20 c. c. de B) et 30 c. c. d'eau; pour les négatifs faits en plein air, on mélange 20 c. c. de A), 10 c. c. de B) et 30 c. c. d'eau. S'il y a

1. *Phot. Times*, 1892. — 2. *Phot. Wochenblat*, 1896, n° 29. — 3. *Phot. Mittheilungen*, 1895, n° 9.

surexposition, on réduit à quantité de carbonate, et, dans les cas de forte surexposition, on développe avec la solution de métol seule; l'opération peut durer plus d'une heure.

Le Dr Eder[1] a indiqué l'emploi des formules suivantes : A) eau, 1,000 c. c.; métol, 15 grammes; sulfite de soude cristallisé, 150 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de soude cristallisé, 330 grammes; hyposulfite de soude, 1 gramme. Pour le travail à l'atelier, on prend 20 parties de A). 20 parties de B) et 20 parties d'eau; pour développer les négatifs de paysage, il faut 20 parties de A), 10 de B) et 20 d'eau. L'hyposulfite agit comme retardateur et empêche le voile. Il est certain qu'on obtient plus de détails que sans son emploi. Cette formule permet de remplacer avantageusement celles à base d'acide pyrogallique.

Une solution de bromure de potassium à 10 % ralentit l'action du développateur sans amener la dureté; avec une quantité suffisante de bromure de potassium, on peut combattre les effets de surexposition de la plaque.

1408. Révélateur à la glycine. — On obtient ce composé par l'action de l'acide chloracétique sur l'amidophénol. Sa solution aqueuse se conserve bien quand elle est additionnée d'un sulfite alcalin. Le Dr Eder emploie la formule suivante : eau, 900 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 150 grammes; carbonate de potasse, 25 grammes; glycine, 5 grammes. Cette solution concentrée est étendue de trois à quatre volumes d'eau et constitue le révélateur. On peut remplacer le carbonate de potasse par le carbonate de soude, et la formule qui donne les meilleurs résultats est la suivante : eau, 1 litre; sulfite de soude cristallisé, 75 grammes; glycine, 15 grammes; carbonate de soude, 110 grammes. Ce révélateur agit très rapidement; le plus souvent, on l'étendra de trois à quatre volumes d'eau.

La caractéristique du révélateur à la glycine est d'augmenter les contrastes. Ce révélateur est très bon pour développer les négatifs de gravure. M. Hauff[2] recommande une formule contenant : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 230 grammes; carbonate de potasse, 230 grammes; glycine, 43 grammes. On étend ce liquide d'une certaine quantité d'eau suivant la durée de la pose.

Le révélateur à la glycine permet d'obtenir de bons négatifs, même lorsque la durée normale de la pose a été fortement dépassée. Dans ce cas, on prépare une dissolution concentrée contenant 900 c. c. d'eau, 150 grammes de sulfite de soude cristallisé et 50 grammes de glycine; on étend ce liquide de vingt à vingt-cinq fois son volume d'eau, et l'on plonge la plaque dans une cuvette verticale contenant ce révélateur étendu d'eau. L'opération s'effectue très lentement, mais après plusieurs heures d'immersion on obtient un bon négatif.

1409. Révélateur à la diamidorésorcine. — Le chlorhydrate de diamidorésorcine a été employé, sous le nom de *réducine*, comme révélateur. Les images obtenues par l'emploi de cette substance sont riches en détail dans les ombres. Le Dr Vogel[3] a recommandé, en 1893, la formule

1. *Phot. Correspondenz*, octobre 1892. — 2. *The Amateur Photographer*, 19 mai 1893. — 3. *The Amateur Photographer*, n° 452.

suivante : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 50 grammes; réducine, 4 grammes; acide sulfurique, 20 gouttes.

MM. Lumière préparent depuis peu de temps le chlorhydrate de diamidorésorcine et livrent ce produit à un grand état de pureté. Le développateur normal à la diamidorésorcine est constitué par 1 litre d'eau, 30 grammes de sulfite de soude anhydre et 10 grammes de diamidorésorcine (chlorhydrate). Cette solution ne doit pas être préparée à l'avance; la rapidité d'action du révélateur diminue en effet très rapidement avec le temps. Le mieux est d'opérer de la manière suivante : on prépare une solution de sulfite de soude anhydre contenant 60 grammes de ce produit pour 1 litre d'eau : ce liquide se conserve assez bien dans un flacon bouché au liège. Au moment de développer, on prélève dans le flacon de sulfite la *moitié* du volume du liquide dont on a besoin pour l'opération, on ajoute un égal volume d'eau (soit par exemple 50 c. c. de solution de sulfite et 50 c. c. d'eau), on ajoute alors environ 1 gramme de diamidorésorcine (mesuré approximativement à l'aide d'une petite pelle à sel en ivoire ou d'une cuillère à moutarde). La diamidorésorcine se dissout rapidement; on plonge la plaque dans ce bain préparé dans la cuvette même.

Trois cas peuvent se présenter :

1° *Négatif correctement exposé :* L'image se développe régulièrement et acquiert rapidement l'intensité nécessaire sans trace de voile;

2° *Négatif surexposé :* L'image se développe immédiatement dans toutes ses parties et manifeste une tendance au voile; il faut ajouter à 100 c. c. de bain de développement de 1 à 10 c. c. de solution de bromure de potassium à 10 %;

3° *Le négatif manque de pose :* les grandes lumières seules apparaissent lentement. Il faut dans ce cas ajouter de la solution de sulfite dans le bain révélateur, *sans addition de diamidorésorcine*. On peut porter la quantité de sulfite jusqu'au double de celle qu'on emploie normalement lorsque le temps de pose a été par trop insuffisant. On peut aussi retirer la plaque du bain révélateur, et sans la laver, la plonger dans une cuvette contenant une dissolution de sulfite de soude à 6 %; mais ce traitement énergique ne peut être employé avec toutes les plaques, certaines donnent des images voilées dans ces conditions.

Les négatifs développés avec la diamidorésorcine présentent toutes les qualités de ceux développés avec l'amidol, mais s'obtiennent bien plus facilement que par l'emploi de ce dernier produit. Il est peu de révélateurs qui soient aussi faciles à manier que la diamidorésorcine. Sous ce rapport, il n'y a guère que l'hydroquinone qui lui soit comparable; mais l'on sait que ce produit a une tendance à donner des négatifs durs. La diamidorésorcine, *pourvu que l'on n'emploie pas trop de sulfite*, donne des images dans lesquelles la gamme des teintes du sujet est très bien conservée; en solution aqueuse, avec une très petite quantité de sulfite, elle peut donner des négatifs très opaques. Cette substance étant très soluble dans l'eau, on peut faire varier rapidement la composition du bain développateur et corriger les erreurs commises dans l'appréciation du temps de pose. Dans le cas de surexposition, l'addition de bromure de potassium retarde immédiatement l'action du développateur et permet d'obtenir des négatifs très limpides. La rapidité avec laquelle agit ce révélateur constitue un avantage sérieux pour les protographes de profession : le développement s'effectue plus vite que par l'action de l'acide pyrogallique ou de l'oxalate de fer, et les négatifs produits sont au moins aussi brillants que ceux obtenus par l'emploi de ces révélateurs. Cette rapidité n'exclut pas la possibilité de *tâter la plaque* lorsqu'on n'a pas d'indications sur la durée du temps de pose; il suffit pour cela de commencer le développement avec très peu de sulfite et d'augmenter progressivement la dose de ce produit.

1410. Révélateurs divers. — MM. Lumière ont montré que le nombre des révélateurs que l'on peut employer est extrêmement considérable. Ils ont constaté avec M. Seyewetz[1] que la phenylhydroxilamine est un développateur qui, par son action sur la plaque sensible, donne naissance au nitro-benzol. Ils ont employé la formule suivante : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude anhydre, 30 grammes; bromure de potassium, 6 grammes; phenylhydroxilamine.

L'introduction du groupement hydroxylamine dans un noyau aromatique lui imprime des propriétés révélatrices; inversement, ce pouvoir révélateur peut être utilisé pour caractériser la fonction hydroxylamine dans la série aromatique et corroborer la propriété caractéristique pour les hydroxylamines de réduire à froid la liqueur de Fehling.

MM. Lumière ont montré que le gaïacol à l'*état de pureté*[2] ne révèle pas l'image latente.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 487. — 2. *Ibid.*, 1892, p. 629.

M. Le Roy[1] a constaté que le pouvoir révélateur des peroxydes alcalins et celui de l'eau oxygénée rendue fortement alcaline est inférieur à celui que présentent les substances habituellement employées en photographie.

1412. Mélange de diverses substances révélatrices. — En mélangeant certaines substances révélatrices, on peut préparer des bains de développement qui présentent plus ou moins les propriétés de chacun des constituants, et dont l'emploi peut être utile dans certaines conditions spéciales.

Hydroquinone et paramidophénol. — M. Forestier[2] a modifié la formule d'un bain concentré qui se conserve assez bien et qui agit rapidement : eau distillée chaude, 230 c. c.; sulfite de soude anhydre, 36 grammes; hydroquinone, 3 grammes; paramidophénol, 4 grammes; bromure de potassium, 10 gouttes d'une solution saturée; glycérine, quantité suffisante pour amener le volume à 250 c. c. Pour révéler l'image, on ajoute trois volumes d'eau à un volume de ce bain, et si l'on trouve que son action est trop rapide, on ajoute une plus grande quantité d'eau.

Au lieu de lithine, on peut employer le sucrate de chaux. Le bain se prépare à l'aide de deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 45 grammes; sucre en poudre, 45 grammes; chaux en poudre, 45 grammes; hydroquinone, 8 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 45 grammes; sucre en poudre, 45 grammes; chaux en poudre, 45 grammes; paramidophénol, 4 grammes. On mélange par parties égales les deux solutions.

Si l'on veut préparer le bain en une seule fois, on fait dissoudre 65 grammes de sulfite de soude anhydre dans un litre d'eau; on ajoute 5 grammes de lithine caustique, 20 gouttes d'une dissolution saturée de bromure de potassium, 4 grammes d'hydroquinone et 3 grammes de paramidophénol.

M. Valenta[3] a insisté le premier sur les avantages que présente l'emploi du mélange de paramidophénol et d'hydroquinone; il se sert d'un bain faible contenant pour 1,000 c. c. d'eau, 70 grammes de sulfite de soude cristallisé, 50 grammes de carbonate de soude cristallisé, 3gr5 de chlorhydrate de paramidophénol et 2gr5 d'hydroquinone. Ce bain peut servir aussi à développer les photocopies insuffisamment imprimées sur papier au gélatino-chlorure ou au collodio-chlorure.

On a vendu pendant longtemps, sous le nom de *Rodinal*, un produit préparé[4] de la façon suivante : dans un litre d'eau bouillante on fait dissoudre 300 grammes de métabisulfite de potasse et 100 grammes de chlorhydrate de paramidophénol, on ajoute peu à peu dans ce liquide une solution concentrée de soude caustique jusqu'à ce que le précipité formé soit dissout et que la solution soit devenue limpide. Ce révélateur doit être étendu de dix à cinquante fois son volume d'eau. On obtient des négatifs très intenses en ajoutant à chaque 100 c. c. de ce révélateur 5 c. c. d'une solution[5] contenant : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude, 100 grammes; hydroquinone, 50 grammes.

Hydroquinone et iconogène. — On prépare[6] deux solutions : A) eau,

1. *Comptes rendus*, 1895. — 2. *Photo-Gazette*, 1894, p. 110. — 3. *Phot. Correspondenz*, n° 378. — 4. *Chem. Zeitung*, 1892. — 5. *Phot. News*, n° 1736. — 6. *Phot. Correspondenz*, n° 391.

1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 120 grammes; hydroquinone, 6 grammes; iconogène, 10 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; carbonate de potasse, 300 grammes. Pour développer les négatifs de portraits et de paysages, on prend cinq parties de la première solution et une partie de la seconde

L'addition d'oxalate de potasse au révélateur concentré à l'iconogène permet d'obtenir des négatifs très brillants. On prépare une solution concentrée d'oxalate de potasse et on la verse goutte à goutte dans le bain servant au développement. Les images obtenues sont exemptes de voile.

Hydroquinone et métol. — Le mélange d'hydroquinone et de métol donne des négatifs très vigoureux. On prépare deux bains séparés [1], l'un de révélateur au métol, l'autre d'hydroquinone. Le bain de métol sert à faire apparaître les détails de l'image; on le prépare avec 1 litre d'eau, 50 grammes de sulfite de soude cristallisé, 5 grammes de métol, 50 grammes de carbonate de soude cristallisé et 1 décigramme de bromure de potassium. Aussitôt que les ombres de l'image commencent à se voiler, on transporte la plaque dans le bain d'hydroquinone. Ce bain se prépare à l'aide d'une solution de réserve : eau chaude, 2 litres; sulfite de soude cristallisé, 300 grammes; prussiate jaune de potasse, 125 grammes. Après dissolution de ces substances, on ajoute : hydroquinone, 80 grammes; eau, 1,800 c. c.; carbonate de soude cristallisé, 300 grammes; potasse, 50 grammes. A 200 c. c. de la solution de réserve ainsi préparée, on ajoute 100 à 150 c. c. d'eau et 5 à 10 c. c. de solution de bromure de potassium à 10 °/₀. Les négatifs acquièrent plus ou moins de vigueur, suivant la dilution plus ou moins grande du bain de développement.

M. Bouillaud opère plus simplement à l'aide d'un seul bain contenant : eau distillée, 1,000 c. c.; sulfite de soude anhydre, 150 c. c.; hydroquinone, 7gr5; carbonate de potasse, 40 grammes; métol, 5 grammes. L'action de ce bain est rapide; il peut rendre des services dans l'atelier du professionnel.

On obtient un révélateur se conservant très longtemps en préparant deux solutions séparées. On fait dissoudre 80 grammes de sulfite de soude cristallisé dans un litre d'eau, on ajoute 6 grammes d'hydroquinone et 8 grammes de métol. Pour préparer le bain de développement, on ajoute à 100 parties de ce liquide 25 c. c. d'une solution de 125 grammes de carbonate de soude dans un litre d'eau [2].

Le phosphate tribasique de soude peut remplacer le carbonate de soude dans ces formules et donne des négatifs très intenses [3]. On prépare le bain de développement avec 500 c. c. d'eau, 15 grammes de sulfite de soude anhydre, 3 grammes d'hydroquinone et 2 grammes de métol; on mélange cette solution par parties égales avec un liquide contenant 25 grammes de phosphate tribasique de soude et 500 c. c. d'eau. Si le temps de pose de la plaque a été un peu exagéré, on ajoute quelques gouttes de dissolution de bromure de potassium à 10 °/₀.

Pour développer les plaques dont le temps de pose a été fort réduit, M. Pringle [4] prépare les deux dissolutions suivantes : A) eau, 1 litre; bisulfite de soude liquide, 100 c. c.; hydroquinone, 20 grammes; métol, 20 gram-

1. *Phot. Correspondenz*, juillet 1893. — 2. *The Amateur Photographer*, n° 555. 3. *Photo-Gazette*, 1895, p. 40. — 4. *The Amateur Photographer*, 1895, p. 600.

mes; B) eau, 1,000 c. c.; soude caustique, 20 grammes. Ces deux liquides sont mélangés par parties égales ; l'on ajoute au révélateur quelques gouttes de dissolution de bromure de potassium à 10 % pour éviter la formation des images voilées.

Hydroquinone et acide pyrogallique. — En étudiant l'action du mélange de ces deux révélateurs, M. Houdaille est arrivé à établir la formule suivante : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude anhydre, 50 grammes; carbonate de soude cristallisé, 100 gr.; hydroquinone, 9 grammes; acide pyrogallique, 4 grammes; bromure de potassium, 1gr3.

Métol et paramidophénol. — M. Audra[1] prépare une solution contenant : eau chaude, 1 litre; sulfite de soude anhydre, 40 grammes; métol, 4 grammes; paramidophénol, 2 grammes. Au moment de développer, il ajoute à 100 c. c. de ce liquide 10 c. c. d'une solution de carbonate de soude à saturation. Ce bain de développement agit très rapidement; on peut modérer son action en l'étendant de son volume d'eau.

1413. Révélateurs en poudre. — La préparation de poudres dont la simple dissolution dans l'eau constitue un bain révélateur peut être effectuée très facilement. On mélange[2] à chaud 80 grammes de sulfite de soude anhydre et 20 grammes d'hydroquinone, on ajoute 1 c. c. d'une solution d'éosine dissoute à la dose de 5 grammes dans 1 litre d'eau, on fait bouillir et on ajoute 160 grammes de carbonate de potasse pur et sec; on mélange et on chauffe jusqu'à formation d'une légère pellicule à la surface de la masse. On dessèche le produit obtenu en opérant à la température de 80° C. La dessiccation est en général obtenue en six heures. Le produit préparé doit être conservé en flacons bien bouchés. On le dissout à la dose de 50 grammes pour 1 litre d'eau s'il s'agit de développer des négatifs ayant une pose normale; s'il s'agit de négatifs ayant posé longtemps, la solution révélatrice ainsi préparée sera étendue de son volume d'eau.

Un très grand nombre de fabricants livrent à l'état de poudre fine renfermée dans de petits tubes les produits nécessaires au développement : on peut ainsi obtenir très vite en voyage le bain révélateur; d'autres livrent le révélateur à l'état concentré dans de petits flacons dont chacun contient la quantité de révélateur nécessaire au travail d'une journée; le plus souvent, les divers constituants du bain sont isolés et en proportion telle qu'il n'y ait aucune pesée à faire pour préparer le bain que l'on obtient par une simple addition d'eau pure mesurée à l'aide du récipient qui contient les substances révélatrices.

1414. Pratique du développement. — La valeur artistique d'une photographie dépend de trois facteurs principaux : 1° le choix du modèle; 2° la conduite du développement qui fournit le phototype négatif; 3° les procédés de tirage servant à obtenir la photocopie. De ces trois facteurs, la conduite du développement est de beaucoup la

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 167. — 2. *Photo-Journal*, 1895, p. 362.

plus importante au point de vue technique : ceci était considéré comme un principe par les anciens photographes qui pratiquant les procédés à l'albumine, au collodion sec ou au papier ciré, consacraient souvent une journée au développement d'un seul négatif. Le développement est certainement la moins mécanique de toutes les manipulations que l'on effectue en photographie. Vouloir exécuter automatiquement cette opération conduit à cette conclusion que tous les sujets susceptibles d'être photographiés sont identiques, conclusion qui est tout à fait inexacte. Certains sujets présentent de fortes oppositions entre les parties éclairées et les parties dans l'ombre; une prolongation de la durée du temps de pose, un révélateur agissant rapidement permettront de diminuer ces oppositions trop vives qui seraient exagérées par la plaque photographique; au contraire, si le sujet à photographier manque d'oppositions, si l'éclairage est monotone, la conduite du développement doit être toute différente : il faut chercher à augmenter l'écart d'opacité qui doit exister sur le négatif pour rompre cette monotonie. Il faut donc de la part de l'opérateur une connaissance approfondie des ressources qu'offrent les diverses substances employées au développement. Ces notions étaient autrefois très simples : on développait l'image dans tous ses détails, on lui donnait ensuite la vigueur nécessaire au tirage tout en modifiant la gamme des intensités. Divers moyens sont mis en œuvre pour atteindre ce résultat.

L'emploi des révélateurs dilués, si le temps de pose est exact, permet de développer les détails tout en donnant un négatif peu intense; si le temps de pose a été fortement exagéré, on emploiera le bromure de potassium à forte dose et un révélateur plus riche en alcali ou en substance révélatrice. Il ne faut pas oublier que les nombreuses formules de révélateurs qui ont été publiées ont en vue le développement de plaques ayant posé normalement devant un sujet d'éclairage normal, c'est-à-dire sans de trop fortes oppositions entre la valeur des ombres et des lumières. On peut dans l'atelier, par un choix convenable de l'éclairage, réaliser de telles conditions, et l'on conçoit qu'à la rigueur il soit alors possible d'employer un révélateur agissant automatiquement si les circonstances extérieures sont toujours les mêmes. Il est cependant peu de professionnels habiles qui emploient un révélateur agissant automatiquement; il y a souvent intérêt à modifier le négatif : une addition de bromure permettra au révélateur d'agir plus longtemps, aux grands clairs de prendre plus

d'opacité, aux ombres d'être plus fouillées. Le mélange, fait progressivement, de la quantité d'alcali nécessaire au développement, permettra presque toujours d'avoir des négatifs plus brillants que si cette dose d'alcali avait été ajoutée en une seule fois. En utilisant l'amidol, la diamidorésorcine, l'emploi ménagé de la solution de sulfite de soude permet de modifier complètement la nature de l'image. Ayant bien défini le but que l'on se propose d'atteindre (négatif heurté, harmonieux, uniforme, etc.), on pourra toujours atteindre ce but en ne livrant rien au hasard de l'automatisme. On peut comparer avec raison l'opération du développement au travail du graveur qui, avec son burin, travaille la planche de cuivre. Le travail de l'opérateur photographe est tout aussi délicat ; indépendamment du sens artistique, il doit posséder une connaissance approfondie des propriétés des diverses substances qui entrent dans la constitution du révélateur, afin que, par un emploi judicieux, il les fasse concourir au but final.

Les principales de ces propriétés sont les suivantes :

1° Dans les bains contenant un alcali et une substance révélatrice, le grand excès d'une substance par rapport à l'autre donne généralement des négatifs peu intenses, mais riches en détails;

2° L'addition de bromure de potassium en excès donne de la dureté, c'est-à-dire de fortes oppositions entre les ombres et les lumières;

3° La concentration et la forte dilution d'un bain normal donnent plus ou moins rapidement des négatifs peu intenses, d'aspect gris, quoique riche en détails;

4° Les bains qui révèlent l'image sans qu'il soit nécessaire d'employer un alcali donnent des images peu intenses, remplies de détails lorsqu'on emploie un excès de sulfite: la substance révélatrice employée seule ou avec la petite quantité de sulfite nécessaire à la stabilité de la solution donne des négatifs durs, heurtés, à fortes oppositions.

Ce sont là les principes que l'on ne doit pas oublier pendant l'opération du développement: ils doivent servir de guide dans les cas particuliers si nombreux qui se présentent journellement à l'opérateur.

§ 3. — FIXAGE, RENFORCEMENT, AFFAIBLISSEMENT DU NÉGATIF.

1415. Fixateur acide. — Lorsque le fixage du négatif ne doit pas être fait immédiatement après le développement, il est utile, après lavage, de plonger la plaque dans un bain contenant soit 20 grammes d'acide tartrique pour un litre d'eau, soit 1 gramme de bromure de cadmium pour 15 c. c. d'alcool. La couche qui constitue l'image devient brusquement insensible à la lumière et peut être conservée pendant des mois sans être fixée[1].

Le bain fixateur acide recommandé par Lainer se prépare en dissolvant 200 grammes d'hyposulfite de soude dans un litre d'eau; à cette solution on ajoute 50 c. c. de bisulfite de soude commercial. Comme l'a fait observer M. Reeb[2], un semblable bain conserve toute sa limpidité, même sous l'influence de la lumière; grâce à son acidité, il neutralise très vite les éléments du révélateur alcalin que la couche de gélatine pourrait encore contenir. Le fixage se fait donc dans des conditions aussi satisfaisantes que possible.

M. Liesegang[3] a montré que la thiocarbamide ou sulfocarbamide jouit de la propriété d'enlever le voile jaune ou vert des négatifs. On commence par fixer le négatif dans le bain d'hyposulfite et de bisulfite de soude, puis, si on constate la présence d'un voile coloré, on le fait disparaître dans le bain décolorant à la sulfo-urée. On prépare ce bain avec un litre d'eau, 200 grammes d'hyposulfite de soude et 15 à 20 grammes de thiocarbamide; on lave soigneusement après l'action de ce bain.

1416. Alunage. — L'emploi de l'alun dans le bain d'hyposulfite de soude est à peu près abandonné aujourd'hui; on préfère laver le négatif au sortir du fixateur acide et le plonger dans le bain d'alun. M. Declercq[4] a indiqué la préparation d'un bain fixateur qui se conserve assez bien. On fait dissoudre 480 grammes d'hyposulfite de soude dans 1,440 c. c. d'eau; d'autre part, on fait une solution de 60 grammes de sulfite de soude dans 180 c. c. d'eau et une troisième solution contenant 4 c. c. d'acide sulfurique et 60 c. c. d'eau; on verse la solution sulfurique dans celle de sulfite, et le mélange est versé dans la solution d'hyposulfite. Au liquide obtenu, on ajoute une solution de 25 grammes d'alun de chrome dans 240 c. c. d'eau; on chauffe sans faire bouillir, puis l'on filtre; on attend que ce bain soit refroidi pour l'employer.

1417. Élimination de l'hyposulfite de soude. — On trouve dans le commerce, sous le nom d'*anthion*, un persulfate de potasse[5] qui agit comme oxydant et transforme l'hyposulfite en tétrathionate de soude. Ce sel est dissous dans la proportion de 1 gramme pour 200 c. c. d'eau. Pour enlever l'hyposulfite d'une plaque du format 13 × 18 complètement fixée, on la

1. *Photo-Gazette*, 1895, p. 82. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 133. — 3. *Phot. Archiv.*, 1893. — 4. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1896, p. 823. — 5. *Phot. Mittheilungen*, 1894, n° 11.

plonge pendant cinq minutes dans une cuvette contenant 500 c. c. d'eau, en agitant constamment la cuvette de manière à renouveler l'eau qui est au contact de la couche de gélatine, puis on transporte la plaque dans une autre cuvette contenant la dissolution d'anthion faite à la dose de 5 grammes par litre; on l'y laisse pendant cinq minutes en agitant le liquide. On lave de nouveau, on recommence pendant cinq minutes le traitement au persulfate de potasse et on lave finalement à l'eau pendant cinq minutes. On s'assure que tout l'hyposulfite est détruit en recueillant 10 c. c. de la dernière eau de lavage et l'additionnant de 2 ou 3 gouttes de solution de nitrate d'argent. Le précipité laiteux qui se formera ne doit pas, même après plusieurs minutes, se colorer en jaune; s'il reste blanc, on peut considérer le lavage comme terminé, sinon il faut recommencer le traitement à l'anthion.

M. Mercier[1], trouvant que les persels ne décomposent qu'incomplètement les hyposulfites d'argent, a proposé l'emploi d'un *sel iodé*, préparé en mélangeant au mortier de porcelaine 3 grammes d'iode et 30 grammes de sel marin; on ajoute peu à peu de l'eau en petite quantité pour que l'iode se dissolve; on mélange ensuite avec 30 grammes de carbonate de soude. Ce mélange est ensuite dissous dans un litre d'eau. On obtient ainsi une dissolution jaune que l'on peut employer dès qu'elle est spontanément devenue incolore, ce qui demande au moins vingt-quatre heures. Si l'on veut l'utiliser de suite, on peut obtenir sa décoloration immédiate en la chauffant pendant quelques instants au bain-marie, ou en lui ajoutant une très petite quantité d'ammoniaque. Au lieu de préparer ce sel, on peut utiliser le produit que l'on trouve dans le commerce sous le nom de *sel iodé Mercier*. On fait dissoudre 20 grammes de ce sel dans un litre d'eau et le bain peut immédiatement servir. La solution ne s'altère que très lentement. On peut diminuer cette dose s'il s'agit d'éliminer l'hyposulfite restant dans les papiers salés ou dans ceux au gélatino-bromure. Les négatifs retirés de l'hyposulfite sont d'abord lavés à l'eau ordinaire pendant cinq minutes, puis on les plonge dans le bain éliminateur, où ils séjournent pendant une demi-heure; on termine par un lavage de quelques minutes à l'eau pure.

1418. Emploi du formol. — Pour insolubiliser la couche de gélatine, l'alun peut être avantageusement remplacé par l'aldéhyde formique connue dans le commerce sous le nom de formaline, formol. Il suffit de plonger le négatif, bien lavé, dans un mélange de 50 c. c. de solution commerciale d'aldéhyde formique et 1,000 c. c. d'eau; après une immersion dont la durée ne doit pas excéder cinq minutes, la couche de gélatine est devenue insoluble; il suffit de laver et de faire sécher.

Dans le but de sécher très rapidement la plaque, M. Mareschal[2] laisse égoutter l'eau qui se trouve à la surface du négatif bien lavé, et verse sur la couche de gélatine, la glace étant placée horizontalement, quelques gouttes d'un mélange fait à parties égales d'eau et de formol. Ce mélange est étendu avec le doigt promené à la surface de la plaque; on lave la

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1897, p. 296. — 2. *Photo-Gazette*, 1895, p. 82.

couche insolubilisée à l'eau bouillante et on la sèche devant le feu. Dans ces conditions, le séchage de la plaque s'effectue très rapidement.

La couche de gélatine, rendue insoluble au moyen de l'aldéhyde formique, peut recouvrer sa solubilité si on la traite par un corps susceptible de lui céder de l'oxygène, un sel ferrique par exemple. Par son exposition à la lumière, le sel ferrique est réduit à l'état de sel ferreux et la gélatine insoluble passe à l'état de gélatine soluble. Si l'exposition a lieu sous un négatif et que la gélatine soit colorée, on peut obtenir ainsi des photocopies[1].

1419. Renforçateurs. — *Sels de mercure.* — On obtient des négatifs se conservant longtemps en employant les formules indiquées par M. Vausant[2]. Le négatif est d'abord blanchi par une solution de chlorure mercurique dissous à la dose de 20 grammes pour un litre d'eau; on lave le négatif et on le traite par un mélange fraîchement préparé de 0gr125 d'acide gallique, 2 grammes d'hydrate de potasse et 2 litres d'eau. Au lieu de cette dernière solution, M. Reeb[3] recommande de faire agir sur l'image une simple solution de soude caustique dissoute à la dose de 4 ou 5 grammes pour un litre d'eau. Pour les reproductions d'images au trait, il vaut mieux, d'après M. Sachse[4], faire noircir le négatif dans un bain d'ammoniaque après avoir lavé la couche dans une solution de 25 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque pour un litre d'eau. Les négatifs représentant des portraits ou des paysages sont immergés dans une solution de 150 grammes de sulfite de soude cristallisé, 150 grammes de carbonate de soude cristallisé et 1 litre d'eau; enfin, on peut employer un révélateur quelconque, en particulier celui au métol[5], qui fait noircir très rapidement l'image.

On peut aussi employer un seul bain composé du mélange de trois solutions : A) eau, 250 c. c.; bichlorure de mercure, 12 grammes; B) eau, 250 c. c.; iodure de potassium, 18 grammes; C) eau, 500 c. c.; hyposulfite de soude, 24 grammes; on verse A) dans B), et sans filtrer on verse ce mélange dans C); on agite et on filtre si la liqueur n'est pas complètement limpide.

Sels d'argent. — L'ancien procédé de renforçage des négatifs au collodion consistait à employer le nitrate d'argent et le pyrogallol; mais ce produit colore souvent la gélatine des plaques au gélatino-bromure. Hübl[6] a recommandé le métol pour remplacer l'acide pyrogallique. On prépare deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; métol, 15 grammes; acide citrique, 10 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; nitrate d'argent, 10 grammes. On traite d'abord le négatif par la solution de métol, puis par la même solution, à laquelle on ajoute un dixième de son volume de solution de nitrate d'argent. Vue par transparence, la couche renforcée présente à l'état humide une teinte bleuâtre; en séchant, la teinte passe au brun, ce qui modifie l'intensité du négatif.

Sels de cuivre. — Le renforcement au bromure de cuivre, indiqué dès 1877 par Warnerke, exige certaines précautions pour fournir de bons

1. *British Journal of Photography*, 6 septembre 1897. — 2. *Phot. News*, 1896, p. 68. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 668. — 4. *Photo-Gazette*, 1894, p. 100. — 5. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1893, p. 358. — 6. *Paris-Photographe*, 1893, p. 78.

résultats. Liesegang opère en plongeant le négatif dans un bain contenant 25 grammes de sulfate de cuivre, 25 grammes de bromure de potassium et 1 litre d'eau. La durée de l'immersion du négatif bien lavé et fixé doit être telle que la couche, primitivement noire, soit devenue complètement blanche. La durée du lavage après le blanchiment est extrêmement importante. Si la plaque est surexposée ou voilée, on la lave longtemps pour enlever tout excès de cuivre; le renforçage par le nitrate d'argent ne se produit alors que faiblement. Si le négatif est tel qu'il y ait lieu d'augmenter la visibilité des détails plutôt que l'intensité, le lavage doit être fait très sommairement avant l'immersion dans le bain d'argent.

Le chlorure de cuivre peut servir pour blanchir l'image développée et fixée. M. Ingall[1] se sert d'un bain de chlorure de cuivre suivi d'un traitement à l'acide formique.

Sels d'urane. — On forme le plus souvent le ferrocyanure d'urane, qui a une belle teinte brune. Comme l'a indiqué Reeb[2], la méthode consiste à employer un ferricyanure dont le ferrocyanure correspondant soit coloré et insoluble. On plonge le négatif dans la solution de ce ferricyanure que l'argent amène à l'état de ferrocyanure passant lui-même à l'état de ferrocyanure d'argent insoluble : le renforcement résulte de la juxtaposition de ces deux ferrocyanures. En employant le ferricyanure ferrique seul, la teinte sera bleue par suite de la formation d'un ferrocyanure ferrique bleu. Cette méthode permet de communiquer au négatif une couleur qui laisse plus ou moins passer les rayons agissant sur le chlorure d'argent. Dans certains cas, ces renforçateurs agissent comme affaiblisseurs, car ils rendent le négatif plus perméable à la lumière. Si le ferrocyanure formé possède une teinte inactinique, comme le ferrocyanure d'urane, l'image sera chimiquement plus intense. Vogel recommande l'emploi d'un bain contenant 5 grammes de prussiate rouge de potasse, 5 grammes de nitrate d'urane, 1 litre d'eau et 100 c. c. d'acide acétique cristallisable.

Pour obtenir des négatifs de teinte légèrement verdâtre, Srna et Scolick[3] plongent dans un bain spécial le négatif préalablement renforcé à l'urane. On lave jusqu'à disparition de stries graisseuses qui se trouvent sur la couche renforcée, et on plonge la plaque dans le mélange fait à parties égales de deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; ferricyanure de potassium, 15 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; chlorure de fer, 15 grammes; oxalate d'ammoniaque, 4 grammes.

On peut aussi colorer le ferrocyanure d'argent formé; dans ce but, M. Maringen[4] mélange 5 c. c. de vieux bain à l'hydroquinone, 20 c. c. de solution d'acide citrique à 10 %, 10 c. c. de solution de ferricyanure à 10 % et 50 c. c. d'eau. Le mélange doit être fait dans l'ordre indiqué; le négatif est plongé dans ce bain qui le noircit rapidement. Pour terminer, on le lave pendant un quart d'heure dans une eau fréquemment renouvelée. Après le renforcement, les négatifs ne doivent pas être lavés pendant plus d'une heure, sinon l'image s'affaiblit.

Emploi du formol. — Les pellicules de gélatine, insolubilisées par le

1, *British Journal of Photography Almanac*, 1892. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 671. — 3. *Phot. Correspondenz*, janvier 1893. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 518.

formol et débarrassées de leur support de gélatine, jouissent de la propriété de se contracter régulièrement sous l'influence de l'eau chaude. M. Mussat[1] a mis à profit cette propriété pour obtenir un renforcement des images photographiques. La plaque est d'abord traitée par le formol pour séparer la couche sensible d'avec son support (**1426**); au moment où la pellicule est separée d'avec le verre, on la retire de l'eau tiède avec son support, et après un essorage sommaire, on plonge le tout dans un bain d'alcool auquel on a mélangé 4 c. c. de glycérine pour 100 c. c. d'alcool à 95° : ce dernier permet d'obtenir le maximum de contraction. Ce mélange sera, pour les renforcements moins intenses, étendu d'une quantité d'eau qui pourra varier de 5 à 25 °/₀. On suit la marche du rétrécissement subi par la gélatine, et quand le résultat désiré est obtenu, on retire la glace de la cuvette, on donne un léger coup de rouleau pour chasser l'excès de liquide ainsi que les bulles d'air et on laisse sécher. Ce renforcement possède l'avantage d'être transitoire. Il suffit de plonger le négatif rétréci dans l'eau froide pour le voir abandonner bientôt son support, reprendre ses dimensions et par suite son intensité première.

Si les négatifs à renforcer sont légèrement voilés, il est bon, avant de les renforcer, de les traiter, comme l'a indiqué M. Pringle[2], par un bain très faible de ferricyanure de potassium et hyposulfite de soude. Après avoir affaibli le négatif, il faut le laver, le passer au bain d'alun et le laver de nouveau avant de le renforcer.

1420. Affaiblissement des négatifs. — Il est possible de diviser en trois catégories les négatifs qui sont trop denses, comme le propose M. Burton[3] : 1° ceux qui sont *durs*, c'est-à-dire trop intenses dans les lumières et trop faibles dans les ombres; 2° ceux qui ont été correctement exposés, mais trop longtemps développés et dont l'intensité générale est trop grande; 3° ceux qui ont été surexposés et fortement développés. Dans le premier cas, ce qu'il y a de mieux à faire consiste à blanchir le négatif à l'aide d'un bain au chlorure mercurique et à reproduire le positif par réflexion ainsi obtenu.

Les négatifs de la seconde catégorie peuvent être améliorés pourvu qu'on n'emploie pas le faiblisseur au prussiate, qui annule le plus souvent la gradation exacte de tons en fournissant un négatif dur. On se sert dans ce cas, avec avantage, d'une solution de chlorure ferrique à 10 °/₀ (I, **452**); aussitôt que le négatif a légèrement blanchi, on le lave et on le fixe dans l'hyposulfite. Si l'affaiblissement n'est pas suffisant, on peut recommencer plusieurs fois l'opération.

Les négatifs de la troisième catégorie doivent être traités par l'affaiblisseur de Farmer (prussiate rouge et hyposulfite de soude, I, **452**). Le négatif ainsi modifié présente plus de contrastes, surtout si la quantité de prussiate employée est un peu considérable; le mieux est d'opérer aussitôt après le lavage qui suit le fixage.

On peut employer soit le chlorure de cuivre, soit l'eau céleste pour diminuer l'intensité d'un négatif. On précipite une dissolution de chlorure de

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, pp. 147, 246. — 2. *The Photographic Times*, n° 648. — 3. *Wiener photographische Blatter*, 1896, n° 1.

cuivre par l'ammoniaque jusqu'à ce que le précipité verdâtre primitivement formé se soit redissous en donnant une belle liqueur bleue. Dans 1 litre d'eau on ajoute 25 à 30 c. c. d'eau; ce liquide est mélangé en proportions variables (suivant l'intensité du négatif) à un bain fixateur contenant 50 grammes d'hyposulfite de soude pour 1 litre d'eau. L'affaiblissement du négatif s'effectue régulièrement; on termine en lavant rapidement[1].

On peut aussi employer les deux dissolutions suivantes mélangées par volumes égaux au moment de l'emploi : A) eau, 1,000 c. c.; sulfate de cuivre, 2 grammes; ammoniaque, quantité suffisante pour dissoudre le précipité d'abord formé, soit environ 2 c. c.; B) eau, 1 litre; hyposulfite de soude, 10 grammes. On peut employer cet affaiblisseur en se servant d'un pinceau imbibé du mélange fait au moment de s'en servir. S'il faut affaiblir le négatif dans tout son ensemble en l'immergeant totalement dans l'affaiblisseur, on emploiera un volume du mélange auquel on ajoutera trois volumes d'eau.

Il y a souvent intérêt à agir sur les parties les plus intenses du négatif sans modifier les détails dans les ombres qui constituent les parties les plus transparentes. Si ces ombres sont trop légères après l'opération, il sera facile de renforcer le négatif sans l'amener à la dureté : on fait un bain contenant 22 grammes de bichromate de potasse et 11 grammes de bromure de potassium pour 1 litre d'eau; la plaque est plongéee dans ce bain, et après quelques minutes d'immersion, on retire la plaque, on ajoute au liquide 5 gouttes d'acide nitrique par 100 c. c. de solution employée, on mélange, on replace la plaque dans la cuvette et on plonge l'immersion jusqu'à ce que l'image soit totalement convertie en bromure d'argent; on lave alors la couche aussi complètement que possible et on plonge la plaque successivement dans trois bains d'alun afin de durcir la pellicule et d'éliminer le bichromate; on lave ensuite à l'eau distillée. Toutes ces opérations s'effectuent à la lumière faible d'une lampe. On développe ensuite la plaque dans un bain contenant 4 grammes d'acide pyrogallique, 4 c. c. d'ammoniaque et 1 litre d'eau distillée. Les détails des ombres se trouvant à la surface de la couche se développent les premiers, puis les demi-teintes; les parties les plus éclairées du sujet restent blanches sur la plaque pendant un certain temps. Si l'on arrête le développement trop tôt, l'image sera grise, uniforme, au lieu de dure, heurtée; si l'on prolonge outre mesure l'opération, le négatif sera heurté, exactement comme avant le traitement. Quand les demi-teintes les plus pâles sont presque noircies, on arrête l'action du révélateur en lavant le négatif et en le plongeant dans le fixateur à l'hyposulfite de soude. Si l'on a bien opéré l'image est plus faible dans les parties épaisses qu'elle ne l'était avant l'affaiblissement. Il vaut mieux ne pas développer trop longtemps, car l'on peut renforcer au mercure l'image obtenue si elle est trop faible.

Au lieu de développer ainsi l'image blanchie, on peut utiliser les bains suivants. On blanchit d'abord avec un bain contenant : eau, 1 litre; alun, 50 grammes; bichromate de potasse, 10 grammes; acide chlorhydrique, 30 c. c. On développe avec : A) oxalate neutre de potasse, 200 grammes; eau distillée, 800 c. c.; B) sulfate ferreux, 100 grammes; eau 300 c. c.; acide

1. *Photo-Gazette*, 1892, p. 98.

sulfurique, quelques gouttes; C) bromure de potassium, 10 grammes; eau, 100 c. c.; D) hyposulfite de soude, 20 grammes; eau distillée, 200 c. c. Le négatif blanchi et bien lavé est plongé dans un mélange fait au moment de l'emploi de 250 c. c. de A), 50 c. c. de B), 40 gouttes de C) et 16 gouttes de D). On arrête l'action du développateur aussitôt que les détails ont apparu, sans attendre que les grandes lumières soient visibles à l'envers de la glace ; on lave et on fixe de nouveau[1].

Lainer[2] a indiqué l'emploi d'un bain composé de 10 grammes d'iodure de potassium dissous dans 1 litre d'eau contenant 250 grammes d'hyposulfite de soude. Les détails les plus délicats ne disparaissent pas par l'effet de ce bain qui agit très lentement; après une heure d'immersion l'effet est visible, mais il faut souvent de huit à dix heures pour faire disparaître complètement le voile.

L'affaiblisseur de Farmer agit plus rapidement et peut même faire disparaître complètement l'image. Le plus souvent, on emploie deux solutions que l'on mélange par parties égales : A) eau, 1 litre; prussiate rouge de potasse, 20 grammes; B) eau, 1 litre; hyposulfite de soude, 50 grammes; aussitôt que l'effet désiré est obtenu, on rince à grande eau.

Les faiblisseurs agissant à l'état de dissolution concentrée ont une tendance à augmenter la dureté de l'image; ils attaquent plus vite les ombres que les lumières; les solutions étendues sont, au contraire, d'une action plus égale. Un négatif dont les parties ombrées seront relativement intenses sera traité par un faiblisseur concentré; si les ombres sont normales et les lumières trop denses, il faudra employer une dissolution étendue. On peut donc, par l'emploi des faiblisseurs, modifier le caractère d'un phototype négatif[3].

On peut enfin affaiblir localement un négatif en se servant d'alcool[4]. On place le négatif, absolument sec, sur une surface plane recouverte de plusieurs doubles de papier buvard, on entoure l'index d'un petit morceau de peau de gant, on l'humecte d'alcool concentré, et on frotte la partie trop dense du phototype : la gélatine ne se ramollit pas dans ces conditions, mais l'intensité du négatif ne tarde pas à diminuer.

1421. Vernissage des négatifs. — Les vernis dont l'emploi est le plus commode sont ceux que l'on applique à froid sur la couche de gélatine parfaitement séchée. M. Valenta a fait une étude très complète de ces vernis[5]. Les vernis à l'alcool sont, en général, constitués par des solutions de sandaraque dans l'alcool additionné d'huiles essentielles (lavande, citron) pour obtenir une surface brillante. On obtient un bon vernis en employant les proportions suivantes : alcool, 1 litre; sandaraque, 180 grammes; huile de lavande, 10 grammes. La couche de ce vernis est un peu longue à sécher, mais la retouche au crayon est très facile sur cette surface lorsqu'elle est bien sèche.

Les vernis à l'ammoniaque se composent d'une solution de gomme laque dans l'alcool à laquelle on ajoute un peu d'ammoniaque, ce qui permet au

1. *The Practical Photographer*, 1er avril 1894. — 2. *Phot. Correspondenz*, février 1894. — 3. *Phot. Mittheilungen*, 1894, n° 11. — 4. *Phot. Archiv*, 1896, n° 783. — 5. *Phot. News*, 11 août 1893.

vernis de conserver sa surface brillante en séchant. On dissout au bain-marie 80 grammes de gomme laque dans 900 c. c. d'alcool à 95°, et on ajoute à la dissolution 100 c. c. d'ammoniaque liquide; on peut porter la proportion de gomme laque jusqu'à 140 grammes pour 1 litre d'alcool.

On obtient des vernis très durs et qui sèchent très vite en employant un mélange d'éther et d'acétone. On prépare ces vernis en utilisant la sandaraque et d'autres gommes dures, comme le copal, l'ambre, etc. On pulvérise 30 gramme de copal et 8 grammes d'ambre torréfié légèrement; les poudres bien mélangées sont mises au contact des dissolvants constitués par 300 c. c. d'éther, 200 c. c. d'acétone et 10 c. c. de chloroforme.

Un vernis dont la couche est relativement tendre peut se préparer avec la gomme Dammar dissoute dans la benzine; on peut, au lieu de gomme Dammar, employer la sandaraque. La dissolution de ces gommes est facilitée par digestion préalable avec un peu d'alcool; on mélange ensuite avec la benzine. Les proportions suivantes donnent de bons résultats : gomme Dammar, 8 grammes; alcool, 10 c. c.; benzine, 90 c. c. Ce vernis dilué peut être appliqué sur le papier; pour lui donner un peu de souplesse, on peut y ajouter une petite quantité de gutta-percha.

Depuis quelque temps on emploie les vernis au coton-poudre, mais ces sortes de collodion contiennent de l'acétate d'amyle, ce qui rend leur emploi assez désagréable. On prépare un vernis de cette espèce en versant 100 grammes d'acétone sur 150 grammes de coton-poudre, et en ajoutant un mélange de 2 litres d'acétate d'amyle et 2 litres de benzine; on abandonne ce mélange au repos avant de l'employer.

On peut aussi utiliser les proportions suivantes : 5 grammes de coton-poudre, 70 grammes d'acétate d'amyle, 70 c. c. de benzine et 35 c. c. d'acétone que l'on mélange d'abord au pyroxile.

Le mélange de 100 grammes de sandaraque, 400 c. c. de benzol, 400 c. c. d'acétone et 200 c. c. d'alcool fournit un vernis qui donne des couches très homogènes.

M. Rousseau a constaté qu'en chauffant la plaque à vernir à 50-55°, on peut vernir deux ou trois fois pour donner plus de solidité à la couche. Le vernis qu'il emploie se prépare en faisant dissoudre 50 grammes de sandaraque dans 125 c. c. d'alcool absolu, 200 c. c. d'acétone et 200 c. c. de benzine; le tout est chauffé au bain-marie à 40 ou 50° C. On laisse déposer les parties insolubles, on décante le vernis et on l'étend à chaud.

Il est bon de vernir indistinctement tous les négatifs; on évite ainsi les taches qui se produisent fréquemment au contact des papiers préparés avec les sels d'argent.

BIBLIOGRAPHIE.

BALAGNY (G.). *Hydroquinone et potasse.*

DAVID (L.) et SCOLICK (Ch.) *Die Photographie mit Bromsilber Gelatine.*

EDER (J.-M.). *Recepte und tabelle für die Photographie und Reproduction technick.*

FOREST (Max). *Ce qu'on peut faire des plaques voilées.*

FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET. *Le formulaire classeur du Photo-Club de Paris.*

LONDE. *Traité pratique de la photographie.*

— *Traité pratique du développement.*

LUMIÈRE (A. et L.) *Développements organiques en photographie et le paramidophénol.*

MATHET (L.). *Les insuccès dans les divers procédés photographiques.*

MIETHE (Dr A.). *Lehrbuch der praktischen Photographie.*

MULLIN (A.) *Instructions pratiques pour produire des épreuves irréprochables au point de vue technique et artistique.*

SCHNAUSS. *Photographisches Lexicon.*

SORET. *Cours théorique et pratique de photographie.*

VOGEL (Dr H.-W.). *Handbuch der Photographie.*

CHAPITRE III.

PROCÉDÉS ORTHOCHROMATIQUES.

1422. Émulsions orthochromatiques. — L'emploi des plaques orthochromatiques se généralise de plus en plus; ce sont les plaques sensibles au jaune et au vert que l'on utilise le plus souvent. De très nombreuses formules ont été indiquées pour la transformation des plaques ordinaires en plaques orthochromatiques sensibles aux diverses radiations.

M. Burton[1] se sert d'un mélange de cyanine et d'éosine pour augmenter la sensibilité des plaques destinées à photographier des objets présentant une coloration écarlate, bleue foncée et jaune de chrome. On plonge les plaques pendant deux minutes dans un bain formé de 77 c. c. d'une solution d'éosine au millième, 77 c. c. d'une solution de cyanine au millième, 300 c. c. d'une solution d'ammoniaque au dixième et 1,000 c. c. d'eau. Les plaques sont séchées dans l'obscurité complète. Ces plaques s'emploient avec écran jaune devant l'objectif.

Au lieu de ce mélange, M. Hübl se sert de rose du Bengale du commerce (tétraiodure de fluorescéine). Sa solution dans l'alcool est de couleur rouge bleuâtre; elle donne avec l'argent un sel violet.

Le colonel Waterhouse utilise la combinaison d'érythrosine avec le nitrate d'argent, combinaison qui n'est pas très stable, mais qui permet de se passer, dans la plupart des cas, de l'emploi de l'écran jaune. Il prépare un liquide concentré contenant 1 gramme d'érythrosine, 1 gramme de nitrate d'argent, 1 gramme d'acide picrique, 30 c. c. d'ammoniaque, 500 c. c. d'alcool et 500 c. c. d'eau. A 100 c. c. de cette solution on ajoute 1,000 c. c. d'eau et on plonge dans ce bain, pendant une ou deux minutes, les glaces sensibles du commerce; on peut porter jusqu'à 1 partie pour 100 parties de la solution diluée la quantité d'ammoniaque contenue dans ce bain. Certaines plaques présentent une tendance au voile après ce traitement; il est bon d'employer avec ces plaques un révélateur assez fortement bromuré ou de plonger ces plaques, avant le développement, dans une solution de bromure de potassium à 2 pour 100.

MM. Eder et Valenta ont employé la rhodamine 36 de la Société pour la fabrique des couleurs d'aniline. Cette substance est soluble dans l'eau en donnant une solution violette avec une fluorescence orangé rouge. Le bain sensibilisateur est formé de 10 à 20 c. c. d'une solution de rhodamine (2 grammes de rhodamine pour un litre d'eau), 10 c. c. d'ammoniaque et un litre d'eau : l'action sensibilisatrice atteint son maximum dans le vert et elle s'étend vers l'orangé.

1. *Journal Phot. Soc.*, 28 mars 1893.

MM. Lumière, après avoir mis dans le commerce deux variétés de plaques orthochromatiques (A, sensibles au jaune et au vert, B, sensibles au rouge et au jaune), ont préparé de nouvelles plaques qu'ils appellent *panchromatiques* et qui sont simultanément sensibles aux radiations rouges, jaunes et vertes. Ces plaques sont d'une sensibilité identique à celle des plaques de la marque bleue des mêmes fabricants; leur manipulation est un peu plus délicate que celle des plaques ordinaires. La quantité de lumière à admettre dans le laboratoire obscur où l'on manipule ces plaques doit être aussi faible que possible, et lorsqu'il n'y a pas d'inconvénient à cela, on doit les manier dans une obscurité à peu près complète. Ces plaques fournissent des négatifs aussi brillants que ceux provenant de l'emploi des plaques ordinaires, pourvu qu'elles aient été soigneusement soustraites à l'action de la lumière colorée jusqu'au moment où le développement est commencé dans le bain révélateur. Ces nouvelles surfaces sensibles conviennent pour tous les genres de travaux et nous les employons pour obtenir presque tous nos négatifs.

Dans la préparation des plaques orthochromatiques, il convient de n'employer que les sensibilisateurs agissant à très faible dose. Après avoir vérifié ce fait, MM. Lumière ont été conduits à préparer de nouvelles couleurs d'aniline qui jusqu'ici n'avaient point été essayées[1]. Ils ont trouvé à des classes entières de colorants les propriétés les plus remarquables : tels sont, par exemple, les sels des succinéines, benzoéines, citréines, oxaléines, etc., chlorées, bromées, iodées, provenant de la condensation d'acides ou d'anhydrides organiques avec la résorcine. Des résultats analogues à ceux que fournissent les substances précédentes sont obtenues par la condensation des mêmes corps avec le métamidophénol et les homologues des substances dihydroxylées et amidohydroxylées ayant leur substitution en position méta.

Les sensibilisateurs paraissent appartenir principalement à la série du triphénylméthane. Pour donner à une émulsion déterminée une sensibilité pour les diverses régions spectrales comparable à celle de notre œil pour les mêmes radiations, on opère de la manière suivante : on photographie un spectre en employant l'émulsion à modifier, et on détermine les régions pour lesquelles il y a lieu d'augmenter la sensibilité; on recherche ensuite parmi les colorants actifs

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 311.

à dose très minime ceux dont les sels d'argent présentent une bande d'absorption dans ces diverses régions. A l'aide d'essais spectographiques méthodiques, on arrive promptement à déterminer les teintures à utiliser et les proportions relatives de chacune d'elles; on réalise ainsi facilement le panchromatisme. Ces préparations présentent une grande sensibilité pour le vert bleu du spectre. On peut diminuer cette trop grande sensibilité en interposant dans le trajet des rayons lumineux pendant l'exposition un écran verdâtre convenablement choisi; à l'aide de cet artifice, on peut reproduire les teintes correspondantes aux diverses couleurs avec une approximation plus grande que par tout autre procédé.

La durée de conservation des plaques orthochromatiques est variable. Il est certain que celles qui contiennent des combinaisons d'argent et d'érythrosine se conservent moins longtemps que celles qui renferment des matières colorantes qui ne sont pas à l'état de combinaisons argentiques; avec ces dernières, on admet que la sensibilité des plaques augmente pendant les six ou huit mois qui suivent la préparation, pour atteindre le maximum de sensibilité après dix mois et décroître ensuite[1]. Si la préparation des plaques date de plusieurs mois, il y a intérêt à surexposer légèrement et à faire apparaître l'image rapidement, avant que les ombres ne soient recouvertes d'un léger voile.

1423. Ecrans colorés. — Les plaques préparées à l'éosinate d'argent ne nécessitent pas l'emploi d'un écran coloré destiné à arrêter certaines radiations dans le cas de la photographie des paysages; les plaques ordinaires à l'éosine nécessitent *toujours* l'emploi d'un écran jaune placé soit en avant de l'objectif, soit en contact du diaphragme, soit devant la couche sensible.

Lorsqu'on opère en plein air, par un ciel pur, il faut tenir compte de la lumière directe du soleil et de celle du ciel. Le côté éclairé par le soleil agit d'une manière très intense sur la plaque, à cause de la richesse de cette lumière en rayons jaunes. Les ombres éclairées seulement par les rayons bleus de la lumière du ciel accuseront d'une manière trop prépondérante l'effet des rayons bleus. Le peu de sensibilité pour le bleu des plaques à l'éosinate d'argent est dans ce cas un sûr garant contre l'action exagérée de ces rayons; mais en utilisant des plaques ordinaires à l'éosine, qui sont deux fois et demie plus sensibles au bleu que les plaques à l'éosinate, l'emploi d'un écran jaune est indispensable.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 359.

Il est inexact de dire que l'emploi de l'écran jaune est inutile quand le soleil est bas à l'horizon, c'est-à-dire le matin et le soir, pas plus qu'il n'est exact de dire qu'à ces périodes de la journée l'état de l'atmosphère est tel que les rayons lumineux semblent filtrés à travers un verre jaune. Comme l'a fait observer le Dr Vogel[1], c'est alors que l'emploi de l'écran jaune est particulièrement avantageux; en effet, les expériences de Crova prouvent que la lumière bleue du ciel présente son maximum d'existence le matin et le soir, tandis qu'elle est dissipée vers midi; or, le verre jaune a précisément pour but d'atténuer l'action de la lumière bleue; on ne doit donc pas en supprimer l'emploi aux moments précis où il doit produire son maximum d'effet.

Pour les photographies d'objets très éloignés, panoramas de montagne, on doit employer un écran allongeant la durée de la pose au moins quinze fois, d'après les expériences de M. Vallot. Nous avons trouvé que dans certains cas il était très avantageux d'employer des écrans de teinte plus foncée, augmentant d'environ soixante fois la durée du temps de pose; l'emploi de tels écrans est utile pour la reproduction de névés, de glaciers très éclairés avec lointains et verdures foncées, etc.

Les écrans colorés à faces parallèles sont construits par tous les bons opticiens. Pour vérifier le parallélisme des faces, on peut opérer, comme l'a indiqué[2] M. L. Duchesne. On place sur un fond noir (drap, velours, etc.) l'écran à examiner, on l'incline à 45° et on regarde les images réfléchies d'objets éloignés et à arêtes bien nettes, telles que têtes de cheminées, tiges de paratonnerre, etc. L'écran est de bonne qualité si l'image vue par réflexion présente des lignes bien nettes, sans trouble et sans être doublées; on aperçoit plus facilement encore les défauts de l'écran en l'examinant à l'aide d'une longue-vue et en le faisant tourner sur lui-même de façon à bien observer toute sa surface. Un autre procédé de vérification consiste à regarder à la fois partie au travers de l'écran à examiner tenu bien verticalement et partie en dehors une ligne verticale : cette ligne doit rester verticale pendant que l'on fait tourner l'écran entre les doigts ; le moindre déplacement de la ligne verticale indique que l'écran n'est pas à faces parallèles.

Au lieu d'écrans en verre, on peut employer soit des cuves à faces paral-

1. *Phot. Correspondenz*, juillet 1896. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1897, p. 392.

lèles dans lesquelles on place des dissolutions colorées, soit des pellicules de gélatine ou de collodion (I, **472**; IV, **891**). Les cuves à faces parallèles sont essayées par un procédé analogue à celui qui sert à essayer les verres; quant aux pellicules, on les prépare facilement soit en étendant les mixtures colorées sur glace et laissant sécher, soit à l'aide du procédé suivant : on polit soigneusement l'intérieur et l'extérieur d'un anneau d'acier très mince, d'environ 1/2 ou 1 millimètre d'épaisseur. Le diamètre de cet anneau dépend de l'objectif auquel on destine l'écran. Dans une petite cuvette ou un large godet, on met du mercure pur et on dépose l'anneau sur le mercure où il flotte librement; on verse sur le mercure, à l'intérieur de l'anneau, un collodion que l'on a eu soin de colorer à la nuance voulue; on en verse assez pour qu'il déborde en dehors de l'anneau. On couvre la cuvette d'une feuille de papier pour la garantir de la poussière et on laisse le tout en repos jusqu'à ce que le collodion soit complètement sec. On soulève alors soigneusement l'anneau, on gratte avec un canif le collodion qui adhère à l'extérieur de l'anneau et, si l'on a opéré avec soin, on obtient un écran transparent, dont la partie centrale est sans le moindre défaut optique[1].

Avec les plaques à l'éosine et à la cyanine préparées suivant les formules de M. Burton, on se sert d'une dissolution faite avec 2 grammes d'acide picrique dans un litre d'eau; ce liquide est placé dans une cuve à faces parallèles de $6^{mm}5$ d'épaisseur. Avec les plaques ainsi préparées et en se servant de cet écran, la durée d'exposition à la lumière est dix fois plus longue qu'en employant une plaque ordinaire sans écran.

Si les cuvettes à faces parallèles doivent servir à photographier les nuages, on emploiera des solutions de bichromate de potasse à divers degrés de concentration, comme l'a recommandé M. Angot[2]. Il est bon d'ajouter à ce liquide quelques gouttes d'acide chlorhydrique pour éviter le dépôt qu'il forme à la longue dans la dissolution. On prépare facilement ces cuvettes avec deux glaces à faces parallèles, réunies sur trois de leurs côtés par des baguettes de verre à faces parallèles, le tout collé au baume du Canada; ces cuvettes ont 6 à 7 millimètres d'épaisseur et 7 à 8 centimètres de côté. Avant d'introduire le liquide on a soin de plonger l'extrémité ouverte de la cuve dans un mélange fait à parties égales de cire jaune et de colophane. Pour fermer ultérieurement la cuve, il suffit de poser sur les bords, ainsi recouverts d'arkanson, une petite lame de verre taillée à la dimension convenable et que l'on a fait chauffer sur une plaque de cuivre pour éviter de la briser.

Les cuvettes en glace à faces parallèles sont construites par les opticiens soit en collant au baume du Canada deux lames de glace à faces parallèles contre un anneau de verre d'épaisseur bien uniforme, soit en taillant une glace épaisse en forme d'U; au moyen de deux autres glaces collées au baume du Canada, on forme une cuvette qu'il est très facile de nettoyer et qu'on bouche en y appliquant une lame de verre. MM. Degen, Lacour, Jarret, Steinheil, Zeiss, etc., et tous les bons opticiens construisent des appareils de ce genre.

1. *Revue suisse de photographie*, 1895, p. 252. — 2. *Annuaire de la Société météorologique de France*, 1895, p. 13.

1424. Développement des plaques orthochromatiques. — Il n'est pas possible de suivre sans interruption l'action du révélateur agissant sur les plaques orthochromatiques, comme on peut le faire quand on emploie des plaques peu sensibles ; il faut éviter absolument l'action *directe* de la lumière, lors même qu'elle est tamisée par les verres de couleurs.

La nature du développateur n'a pas une grande importance : il est bon qu'il soit additionné de bromure. On plonge rapidement la plaque dans le bain, on recouvre la cuvette et on attend plus ou moins, suivant la rapidité d'action du révélateur, avant d'examiner l'image ; cet examen se fera avec une lumière très faible et aussi rapidement que possible. Lorsque le développement touche à sa fin, on peut examiner l'image à la lumière rouge faible. Au sortir du bain de développement, il est bon d'arrêter l'action du révélateur (si celui-ci est additionné d'un alcali) en plongeant la plaque dans une dissolution de bisulfite de soude commercial étendu de dix fois son volume d'eau. Le fixage ne présente rien de particulier.

BIBLIOGRAPHIE.

LA BAUME PLUVINEL (A. de). — *La théorie des procédés photographiques.*
BONACINI (Dr C.). — *La Fotografia dei colori.*
NIEWENGLOWSKI (G.-H.) et ERNAULT. — *Les couleurs et la photographie.*
TRUTAT (E.). — *La Photographie en montagne.*
VIDAL (L.). — *La Photographie des couleurs.*
— *Manuel pratique d'orthochromatisme.*

CHAPITRE V.

PROCÉDÉS PELLICULAIRES.

§ 1er. — Surfaces sensibles pelliculaires.

1425. Préparation des pellicules sensibles. — La principale difficulté que l'on rencontre dans la préparation des pellicules sensibles provient de l'action exercée par le support sur la couche de gélatino-bromure d'argent; l'altération de cette couche se produit assez rapidement au contact des matières organiques qui constituent le support, et cette altération est d'autant plus rapide que la sensibilité à la lumière de la préparation est plus grande.

MM. Planchon et Ce évitent cet inconvénient en fixant la couche de gélatino-bromure d'argent sur un cadre métallique recouvert de vernis, cadre qui maintient la rigidité de la surface sensible. Ces pellicules, fabriquées dans l'usine de MM. Lumière, à Lyon, se traitent dans le châssis et dans les bains de développement, fixage, etc., exactement comme les plaques, grâce à la rigidité du cadre métallique qui leur sert de support.

Les surfaces sensibles étendues sur celluloïd sont fabriquées par plusieurs industriels et livrées soit en feuilles coupées aux dimensions photographiques, soit en bandes de longueur déterminée pour l'usage des châssis à rouleaux. Par suite de la présence du camphre, de l'acétate d'amyle qui entre dans la composition du support, la sensibilité de la couche de gélatino-bromure d'argent diminue plus ou moins rapidement: cependant ces surfaces sont d'un bon usage pour obtenir des épreuves posées.

MM. Lumière ont préparé, sur nos indications, un papier au gélatino-bromure dont la conservation est d'assez longue durée. Le procédé décrit par nous, en 1877, consiste à étendre la couche sensible sur un papier aussi pur que possible, recouvert d'une couche de caoutchouc dissous dans la benzine (II, **491**). Pour obtenir des surfaces se conservant pendant longtemps, il est indispensable que la benzine soit pure et surtout exempte de *thiophène*. Dans ces conditions, la sensibilité ne diminue que très lentement. Le négatif étant développé, on le transporte sur verre, sur pellicule de gélatine, de collodion, etc., par les procédés de transfert utilisés dans le mode d'impression dit au charbon. Le papier préparé par MM. Lumière donne des surfaces plus sensibles que celles qui sont étendues sur plaque, comme l'a montré M. Colson[2]. M. Balagny a montré que la pellicule de gélatine

1. C. Fabre, *La Photographie sur plaque sèche*, 1880, et *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1880, p. 125; 1881, p. 28. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1897, p. 207.

formant l'image était des plus maniables, et que les négatifs obtenus ne le cédaient en rien à ceux obtenus par d'autres procédés.

MM. Wellington et Ward ont récemment mis dans le commerce deux variétés de pellicules : l'une assez épaisse pour être suffisamment rigide si elle est employée dans les châssis ordinaires; l'autre, très mince au contraire, si elle est destinée à être employée avec les châssis à rouleaux. Elle ne comporte aucun support en papier, est imperméable à l'eau ; elle est sensibilisée des deux côtés et présente en outre l'avantage de se maintenir plane pendant toutes les manipulations et de n'avoir qu'une action extrêmement faible sur l'émulsion.

Le papier négatif au bromure ou au gélatino-bromure d'argent offre des avantages sérieux dès qu'il s'agit d'obtenir des négatifs de grand format (30 × 40 centimètres et au-dessus); il est moins coûteux que les pellicules, plus exempt de défauts que ces dernières : mais, avec bien des papiers, la durée d'exposition à la chambre noire est plus longue que lorsqu'on travaille avec les plaques ordinaires. Le révélateur à l'hydroquinone avec carbonate de soude agissant lentement est celui qui donne les meilleurs résultats. Pour rendre le papier transparent, on enduit l'envers de la feuille d'huile de vaseline en se servant d'un large pinceau; dès que le papier est partout transparent, on enlève l'excès de vaseline à l'aide de papier buvard et on le sèche à une douce chaleur[1].

§ 2. — Transport des négatifs sur pellicule souple.

1426. Négatifs au gélatino-bromure. — On a proposé l'emploi de l'acide fluorhydrique pour détacher du verre la couche de gélatine qui sert à former l'image. Ce procédé ne donne pas d'aussi bons résultats que celui qui a été indiqué par M. Mussat[2] et qui consiste à plonger le négatif terminé dans une solution aqueuse de formol à 10 %; on laisse sécher, on incise les bords et on place le négatif dans une cuvette d'eau chauffée à 50 ou 55° environ : la gélatine se soulève, abandonne le verre; on laisse refroidir le bain : la gélatine, qui s'était d'abord distendue, reprend ses dimensions vers 30°; on la transporte sur une glace collodionnée.

M. Reeb[3] traite la couche par la solution de formol et laisse sécher. La plaque, placée horizontalement, est recouverte de collodion *cuir* (II, **491**); quand le collodion a fait prise, on lave, on laisse sécher, on incise les bords et on soulève la pellicule la glace étant plongée dans l'eau. La pellicule, débarrassée du verre, est plongée dans un bain formé de 50 c. c. de glycérine, 50 c. c. d'alcool et 1 litre d'eau. On fait sécher la pellicule en appliquant la couche de collodion contre un verre; quand la pellicule est sèche, on collodionne l'autre face de gélatine en employant un collodion suffisamment mince. On

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1895, p. 330. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 351. — 3. *Ibid.*, 1895, p. 363.

laisse sécher et on sépare la pellicule d'avec le verre après l'avoir incisé sur les bords.

M. G. Roy opère de la manière suivante : le négatif à transporter sur pellicule est badigeonné pendant quinze à vingt secondes avec une solution de 50 c. c. de formol du commerce, 5 c. c. de glycérine et 100 c. c. d'eau; après avoir laissé égoutter cette dissolution, on laisse sécher la plaque à plat. Le négatif sec est incisé sur ses quatre côtés à environ 2 millimètres des bords, de façon que l'incision soit bien franche et arrive jusqu'au verre ; on plonge le négatif ainsi préparé dans une solution de carbonate de soude à 20 %. La durée de l'immersion doit être prolongée pendant quatre minutes, puis, sans laver, on plonge le négatif dans un mélange d'eau et d'acide chlorhydrique à 10 %. Le dégagement d'acide carbonique qui se produit sépare très rapidement la pellicule du verre; on la reçoit sous l'eau sur une glace talquée et collodionnée, on donne un coup de rouleau de gélatine pour obtenir une planéité parfaite, puis on laisse sécher et l'on collodionne avec un collodion à 3 % légèrement riciné, ou bien on double la couche avec une feuille de gélatine du commerce ramollie dans l'eau glycérinée. Quand l'ensemble est sec, on détache du verre par une simple incision, et l'on a une pellicule absolument plate qui n'a subi de modification de grandeur d'aucune sorte[1].

Le procédé indiqué par M. Reeb a été légèrement modifié[2]. Le négatif est placé dans une solution de 10 c. c. de formol pour 100 c. c. d'eau; après une immersion de 10 minutes, on le fait sécher et on verse sur la couche de gélatine soit un collodion à 3 % de coton-poudre et 2 % d'huile de ricin, soit de la gélatine : il faut par 100 c. carrés de surface environ 7 c. c. de collodion. On laisse sécher, on lave le négatif, on découpe 1 à 2 millimètres du bord avec une bonne lame à découper : la pellicule s'enlève facilement ; on l'immerge dans un bain contenant 50 c. c. de glycérine, 50 c. c. d'alcool et 1 litre d'eau. On sèche en l'appliquant sur son ancien support préalablement nettoyé avec de la glycérine étendue d'eau, on fait égoutter et l'on abandonne au séchage. L'emploi d'une solution de gélatine au lieu de collodion permet d'obtenir une pellicule assez épaisse. On place le négatif horizontalement après l'avoir traité par le formol et l'avoir lavé ; on verse à sa surface une couche de solution de gélatine, de manière à obtenir une épaisseur d'environ 2 millimètres. Cette solution est préparée par un mélange de 10 grammes de glycérine, 500 c. c. d'eau et 75 grammes de gélatine. On fait dissoudre au bain-marie et on filtre ce liquide avant de le verser sur le négatif disposé bien horizontalement. Après dessiccation, on verse sur la couche soit un vernis, soit mieux du collodion normal qui empêche ultérieurement l'action de l'humidité sur la pellicule. Après avoir séché de nouveau, on découpe les bords avec une lame tranchante et on enlève la pellicule.

Le transport sur pellicule est très précieux pour les tirages en photocollographie, phototypographie, etc.; il permet, de plus, la conservation d'une

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 90. — 2. *Phot. Correspondenz*, juillet 1896.

nombreuse collection de négatifs sans craindre les accidents provenant de la fragilité du verre.

Cette fragilité est souvent cause que le négatif se brise. Si le verre est simplement fendu en plusieurs endroits, tandis que la couche de gélatine est à peu près intacte, il faut transporter le négatif sur pellicule souple; on y parvient par le procédé que nous avons indiqué. On commence par faire glisser sous le négatif fendu une feuille de bristol, on place le tout sur un carton, on glisse un verre bien plan au-dessous; la surface de la gélatine est alors recouverte d'un collodion épais. Quand le collodion a fait prise, on plonge le verre et le négatif dans une solution de 5 c. c. de formol dans 100 c. c. d'eau, et on enlève la pellicule de gélatine d'après les procédés usuels; on la reporte ensuite sur un nouveau verre, ou bien on la double d'une épaisseur de gélatine.

BIBLIOGRAPHIE.

EDER (Dr). *Jahbuch für Photographie*, volumes de 1892 à 1897.
FABRE. *Aide-mémoire de Photographie*, volumes de 1892 à 1897.
LONDE. *Traité pratique de la Photographie.*

CHAPITRE V.

RETOUCHE DES NÉGATIFS.

1427 Négatifs défectueux. — Un négatif peut être défectueux par suite de l'existence d'un voile général gris ou coloré qui envahit l'épreuve: d'autres fois, le négatif est trop intense ou trop faible pour fournir une bonne image positive; enfin, dans certains cas, il présente des taches qu'il convient de faire disparaître, des portions trop claires ou trop noires qu'il y a lieu de modifier; on y parvient à l'aide de certains artifices qui, convenablement employés, justifient cette assertion d'Adam Salomon : il n'y a pas de mauvais négatifs, il n'y a que de mauvais *tireurs*.

1428. Voile des négatifs. — On peut enlever le voile vert, jaune, rouge des négatifs en les immergeant dans la dissolution suivante : bromure de sodium, 30 grammes; eau bromée, 30 c. c.; eau, 1 litre. La plaque est abandonnée dans ce bain jusqu'à ce que la couche soit complètement blanche; on la lave avec le plus grand soin et on la plonge dans un bain développateur à la diamidorésorcine : le voile coloré a disparu.

Le voile que l'on aperçoit à la surface d'un négatif terminé provient souvent de ce que l'on a examiné l'image à la lumière du jour avant qu'elle soit complètement fixée; on peut éviter cet insuccès par un fixage à l'obscurité. Ce voile, s'il n'est pas trop prononcé, peut être enlevé en affaiblissant légèrement le négatif à l'aide du réducteur de Farmer (prussiate rouge et hyposulfite de soude). L'action de ce bain doit être continuée jusqu'à ce que le négatif soit trop faible pour fournir une bonne impression; on le lave alors et on le renforce. Le voile qui se trouvait à la surface de l'image a ainsi disparu.

1429. Taches. — Il arrive fréquemment qu'en imprimant des photocopies aux sels d'argent, d'après des négatifs non vernis, il se produit, par les temps humides, des taches d'apparence rougeâtre sur le négatif. M. Bolton[1] a montré que si la tache était fraîche, il suffisait de plonger le négatif dans une solution de chlorure de sodium : la tache ne tarde pas à devenir blanche; on fait passer la plaque dans un bain d'hyposulfite : la tache disparaît. Si elle est superficielle mais plus ancienne ou colorée par exposition à la lumière, elle s'enlève plus facilement en la frottant avec un morceau de

1. *British Journal of Photography*, n° 1799.

flanelle imbibée d'alcool; enfin, si elle a fortement pénétré dans la couche de gélatine, on traite le négatif par le chlorure de cuivre, on fait agir sur la tache une solution faible d'hyposulfite de soude; aussitôt que celle-ci a disparu on lave complètement la couche et on développe le négatif avec un bain d'hydroquinone ou de tout autre révélateur. Ces taches de nitrate d'argent peuvent aussi être enlevées en employant une éponge imbibée de cyanure de potassium; mais il faut être très adroit et très prudent dans le maniement de ce produit, qui *ronge* très rapidement l'image. Il est souvent possible de faire disparaître ces taches en les frottant doucement avec un morceau de caoutchouc vulcanisé (gomme à effacer l'encre).

Quand on laisse trop longtemps un négatif dans le bain révélateur à l'hydroquinone, il arrive qu'après le fixage, surtout si les plaques sont vieilles, on remarque à sa surface des plaques bleuâtres d'aspect métallique. On peut les faire disparaître[1] en faisant une dissolution fraîche d'hyposulfite de soude à 4 % et y ajoutant goutte à goutte une solution de prussiate rouge de potasse jusqu'à ce que le liquide ait acquis une couleur jaune citron. A l'aide d'une touffe de coton trempée dans ce liquide on touche les taches qui disparaissent rapidement, on lave avec une grande quantité d'eau. Le liquide employé étant un affaiblisseur, il faut éviter de l'employer à un trop grand état de concentration; il ne faut pas qu'il agisse trop longtemps. Cette retouche chimique, recommandée par M. Mareschal[2] pour rendre transparentes les parties trop noires d'un négatif, ne doit être entreprise qu'après avoir complètement mouillé le négatif pour que les contours soient mieux estompés et la retouche moins apparente.

Un autre procédé est basé sur la propriété que possède la gélatine d'un négatif d'absorber moins d'eau là où elle présente un dépôt moins dense d'argent réduit. Si l'on plonge un négatif sec, non aluné, dans une solution colorée, les diverses parties absorberont la couleur en raison inverse de leur opacité et le phototype perdra de son opacité. En immergeant plusieurs fois (et laissant sécher dans l'intervalle) un phototype dans une solution faible de bleu d'aniline et de vert, on peut améliorer beaucoup le négatif. La coloration du négatif peut disparaître par lavages.

On peut aussi retoucher pendant le développement, c'est-à-dire arrêter l'action du révélateur sur les parties qui se développent très vite; dès que ces portions de l'image se sont révélées, on retire le négatif du bain, on rejette le révélateur, et au moyen d'un pinceau enduit d'une solution de bromure de potassium à 5 %, on badigeonne tous les endroits où se trouvent suffisamment de détails. On peut repasser plusieurs fois le pinceau, plus ou moins suivant les parties dans lesquelles l'image est plus ou moins venue, on lave très sommairement et la plaque est replacée dans le bain de développement : les parties recouvertes de bromure ne se développent pas et on obtient un négatif harmonieux. Il faut une certaine habileté pour réussir par ce procédé.

Au lieu de bromure de potassium on peut employer l'eau de chlore très diluée : c'est le procédé indiqué par M. Wilson[3] pour développer les pla-

1. *Phot. News*, 31 juillet 1896. — 2. *Photo-Gazette*, 25 février 1894 et *Der Amateur Photograph*, n° 91. — 3. *The Journal of the Photographic Society*, 1894, n° 7, p. 23.

ques qui ont eu une forte surexposition dans la chambre noire. On plonge la plaque pendant deux ou trois minutes dans l'eau de chlore très diluée et on termine l'opération comme d'habitude. Dans le cas contraire, si la plaque n'a pas reçu une exposition suffisante à la lumière dans la chambre noire, on la blanchit à l'aide de bichlorure de mercure et on fait une reproduction du positif par réflexion ainsi préparé. M. Burton[1], après blanchiment et lavage du négatif terminé, le traite par une solution très faible de sulfite de soude (5 à 10 grammes par litre); on arrête l'action de ce bain au moment voulu, et, en appliquant sur un fond noir le positif ainsi préparé, on le reproduit comme s'il s'agissait d'une gravure. Il faut que les ombres du positif soient dépourvues de voile et par suite arrêter le développement avant que ces ombres soient voilées.

1431. Négatif compensateur. — Certains négatifs offrent de trop grands contrastes; on peut diminuer ces contrastes à l'aide de l'artifice suivant : on imprime d'après le négatif défectueux un positif sur verre, on place ce positif contre le négatif et on imprime l'image définitive en se servant simultanément de ces deux plaques superposées. On a successivement employé dans ce but (**A, 1183**) : 1° un positif fait sur papier calque; 2° un positif fait au collodion humide; 3° un positif fait sur glace préparée au tannin; 4° un négatif contre-type fait par le procédé Poitevin aux poudres colorantes : ce procédé permet de retoucher localement les parties défectueuses du négatif; 5° l'émulsion au collodio-bromure étendue au dos de la plaque; 6° l'émulsion au collodio-chlorure. Un procédé très simple a été indiqué par M. Stringfield[2]. On place le négatif dans le châssis-presse, le côté verre étant en contact avec la glace du châssis, la couche de gélatine étant tournée vers l'opérateur; par-dessus ce négatif on dispose une plaque sensible au gélatino-bromure dont la face verre a été bien nettoyée : cette face verre doit être placée contre la couche de gélatine formant le négatif; on fait coïncider bien exactement les bords des deux plaques au moyen de petites cales. On ferme le châssis-presse et l'on expose à la lumière d'un bec de gaz pendant quelques secondes : on tient le châssis-presse absolument immobile pendant la pose; on enlève la plaque, on la développe, et, dès qu'on voit apparaître l'image du côté du verre, on fixe, on lave et on sèche comme à l'ordinaire. La surface de la couche de gélatino-bromure doit conserver sa blancheur dans le bain de développement, car le positif doit être peu intense. On peut d'ailleurs faire ce positif sur une plaque souple si le verre qui supporte le négatif est un peu épais. Le positif étant terminé, on le superpose au négatif; on examine si le phototype résultant de l'ensemble de ces deux images est d'une bonne intensité : dans ce cas, on colle les deux phototypes à l'aide de baume du Canada et l'on utilise pour l'impression le négatif ainsi compensé.

On peut compenser les défauts du négatif par des retouches exécutées sur le côté verre du négatif; au préalable, on recouvre le verre d'une couche de vernis mat. M. Lainer[3] a recommandé le vernis à la sandaraque. Si à une solution de 10 grammes de sandaraque pour 100 c. c. d'éther on

1. *Paris-Photographe*, 1892, p. 263. — 2. *Photo-Gazette*, 1892, p. 53. — 3. *Phot. News*, n° 1731.

ajoute 35 c. c. de benzol, on obtient un vernis transparent très cassant; avec 40 c. c. de benzol la couche de vernis déposée sur le verre est mate. En ajoutant 45 à 50 c. c. de benzol, on obtient un bon vernis mat; si on dépasse 55 c. c., le grain devient trop gros, et avec 65 c. c. le vernis n'est plus utilisable. On peut modifier ce grain en ajoutant au vernis quelques gouttes d'alcool. Si la quantité de benzol est de 66 c. c., la solution est trouble, mais on peut l'éclaircir par une addition de 2 à 4 c. c. d'alcool absolu; grâce à cette addition, on obtient un grain fin. Si l'on porte la quantité d'alcool à 6 c. c. le vernis est mat, inégal; avec 8 c. c. d'alcool le vernis est transparent. Ce vernis peut, d'ailleurs, être encore modifié par addition soit de gomme Dammar (copal), soit de gomme mastic. On traite 10 grammes de gomme Dammar du commerce par 100 c. c. d'éther : la solution n'est pas complète; on dissout ensuite 10 grammes de gomme mastic dans 80 c. c. d'éther. Pour obtenir un vernis mat, on emploie les proportions suivantes : dissolution de sandaraque (à 10 grammes pour 100 c. c. d'éther) 50 c. c.; dissolution de gomme Dammar, 50 c. c.; benzol, 50 c. c.; alcool absolu environ 200 c. c.; on ajoute l'alcool graduellement et on essaie sur une plaque de verre la nature du vernis obtenu après chaque addition.

On obtient un vernis mat très fin en employant la solution de gomme mastic (10 grammes pour 80 c. c. d'éther) et mélangeant les proportions suivantes : solution de sandaraque à 10 %, 90 c. c.; solution de gomme mastic, 10 c. c.; benzol, 50 c. c.; éther, 20 c. c. Ce vernis supporte bien la couleur à l'aquarelle.

Les vernis à l'alcool peuvent fournir des couches mates; en mélangeant 28 grammes d'acide tartrique en poudre fine à 85 c. c. de vernis à l'alcool et étendant ce vernis sur verre, on obtient une couche imitant le verre dépoli.

1432. Contretypes. — Il est quelquefois utile de modifier complètement le phototype positif ou négatif qui sert à l'impression des photocopies : on effectue cette modification ou ce remplacement en produisant un *contretype*, c'est-à-dire un nouveau phototype dont l'image est retournée par rapport à celle du premier (II, **516**). Le procédé le plus pratique pour obtenir des contretypes a été indiqué par M. Huilliard[1]. Pour obtenir un négatif d'après un négatif, on expose derrière ce négatif une plaque au gélatino-bromure à *couche mince*, convenablement ocrée à l'envers, pour éviter le halo; la plaque est développée à la lumière rouge dans un bain très énergique et le développement est continué jusqu'à ce que la plaque se voile superficiellement; on lave vivement et on arrête l'action du révélateur par l'emploi d'un bain d'acide citrique à 2 %; au bout d'une minute, quand le bain acide a eu le temps d'agir, on s'éclaire à la lumière blanche que l'on conserve jusqu'à la fin des opérations; on retire la plaque du bain d'acide citrique, on la lave et on la plonge dans un

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 177.

bain contenant 1 litre d'eau, 10 grammes de bichromate de potasse, 20 à 30 c. c. d'acide nitrique pur : en agitant un peu la cuvette, l'image positive d'argent réduit disparaît ; on lave soigneusement la couche et on l'immerge dans un bain de sulfite de soude anhydre fait à la dose de 100 grammes pour 1 litre d'eau : la plaque devient complètement blanche ; on lave à plusieurs eaux. On développe la totalité du bromure d'argent restant sur la couche en employant un révélateur quelconque qui réduit le bromure d'argent dans toute l'épaisseur de la couche. Il ne doit pas rester de blanc au dos de la couche et il n'y a aucun inconvénient à laisser séjourner la plaque dans le révélateur ; on lave complètement, puis on fait passer le négatif pendant cinq ou six minutes dans un bain d'hyposulfite et d'alun.

Ce procédé permet d'obtenir un contretype de même caractère ou de caractère différent de celui du phototype. Soit, par exemple, un négatif d'intensité très faible, mais dans lequel les détails existent : on expose la plaque peu de temps à la lumière, on développe dans un bain énergique mais fortement bromuré de façon à retarder la venue des détails, et on termine les manipulations comme nous l'avons indiqué plus haut : on obtient, en somme, un contretype présentant tous les détails du phototype, mais plus vigoureux que ce dernier. Si au contraire le phototype à reproduire est dur, mais riche en détails, on posera longtemps au châssis-presse. On développera rapidement et sans bromure, à l'aide d'un révélateur neuf, étendu d'eau au besoin ; on arrêtera très vite l'action du révélateur par l'emploi de l'acide citrique : l'immersion dans le bain acide doit se faire avant que les noirs n'aient transpercé la couche.

Ce procédé peut être employé dans le cas où l'on veut d'un négatif obtenir un autre négatif plus petit ou plus grand en le copiant à la chambre noire. Dans ce cas, l'impression doit être faite par les procédés habituels sans trop exagérer la durée du temps de pose. En particulier, on peut, par ce moyen, obtenir un grand négatif à la chambre noire sans passer par la confection d'un petit positif.

On peut obtenir directement de bons contretypes par surexposition en exposant pendant quelques secondes à la lumière solaire [1] une plaque ordinaire au gélatino-bromure mise au contact d'un négatif dans un châssis-presse ordinaire et développant à l'aide d'un bain un peu chargé en bromure de potassium. L'insolation doit être poussée jusqu'à ce que la silhouette de l'image soit visible au dos de la plaque. Dans ce cas, on déve-

1. *Photo-Gazette*, 1895, p. 95.

loppe un positif au lieu d'un négatif. Au lieu de lumière solaire, M. Lanciaux[1] emploie l'éclair magnésique qu'il produit à 10 ou 15 centimètres du châssis-presse contenant le phototype en contact avec la plaque sensible; il développe à l'aide d'un bain d'hydroquinone chargé en bromure. Par une modification convenable du développement on peut, par ce procédé, obtenir des contretypes plus faibles ou plus intenses que le phototype primitif.

L'emploi de la thiosinnamine permet de développer un négatif en exposant une plaque sensible sous un négatif. Le bain de développement qui fournit les meilleurs résultats contient : eau, 1 litre; sulfite de soude, 30 grammes; hydroquinone, 15 grammes; carbonate de soude cristallisé, 140 grammes; solution aqueuse saturée de thiosinnamine, 10 c. c. Dans ce cas, le temps de pose au châssis-presse ne doit pas être trop exagéré.

1433. Négatifs à images déformées. — Si l'appareil photographique est mal mis en station lorsqu'il s'agit de photographier un monument, si le verre dépoli n'est pas vertical, l'axe de l'objectif étant horizontal, on constate que les lignes qui devraient être verticales sur l'image, par suite parallèles aux marges, sont plus ou moins inclinées. Ces images ne sont pas inutilisables si l'inclinaison n'est pas trop forte; on peut en tirer un bon parti si l'on dispose de deux chambres à bascule. On place le négatif dans l'une des chambres munies de son objectif, ce dernier entrant dans la seconde chambre par l'ouverture de la planchette porte-objectif; on met au point comme s'il s'agissait de faire soit un agrandissement, soit une image de dimensions égales à celle de l'original; on incline ensuite le négatif de façon que le bord vers lequel les lignes verticales convergent se rapproche de l'objectif, puisque c'est cette partie qui exige un agrandissement plus fort, puis on incline la glace dépolie dans le sens contraire jusqu'à ce que l'image soit complètement nette tant au bord supérieur qu'au bord inférieur. A l'aide de lignes verticales tracées au crayon sur la glace dépolie, on arrive à obtenir le parallélisme des lignes. On remplace la glace dépolie par le châssis contenant une plaque sensible, on expose à la lumière : on obtient un positif, et, de ce positif, on imprime par contact ou autrement un nouveau négatif[2]. On peut aussi obtenir directement un contretype en employant les procédés indiqués ci-dessus.

M. F. Richard utilise pour cette opération une chambre à trois corps ou une chambre ordinaire en se servant d'un porte-négatif quelconque permettant seulement de donner au négatif l'inclinaison nécessaire par rap-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 235. — 2. *Wiener photographische Blaetter*, 1894, n° 8.

port au plan de la reproduction. M. Selb[1], M. Jullian ont imaginé des dispositifs qui permettent l'inclinaison facile du négatif et celle de la glace dépolie. L'objectif employé doit être un grand angulaire : l'objectif Zeiss anastigmatique *f*/18 est d'un excellent emploi pour ce travail. Il est clair qu'à l'aide de ce dispositif les déformations ne sont corrigées que si elles sont très légères.

BIBLIOGRAPHIE.

ARNOLD (H). — *Die Negative-Retouche.*
BROGI (C). — *Il ritratto in Fotografia.*
HORSLEY-HINTON. — *L'Art photographique dans le paysage.*
MATHET (L). — *La Photographie durant l'hiver.*
MÜCKE (H). — *Die Retouche photographischer Negative und Abdrücke.*

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1895, p. 537.

LIVRE III

PHOTOCOPIES.

CHAPITRE PREMIER

PHOTOCOPIES AUX SELS D'ARGENT.

§ 1er. — Photocopies par noircissement direct.

1435. Papier salé. — La préparation du papier salé peut s'effectuer, comme l'a indiqué M. Mors, en immergeant du papier à dessin, lisse ou à gros grains, dans un bain renfermant 17 grammes de chlorure de sodium, 12 grammes de chlorure d'ammonium, 0gr4 de bichromate de potasse et 1 litre d'eau. Quand le papier est sec, on le sensibilise sur un bain contenant 90 grammes de nitrate d'argent, 35 grammes d'acide citrique et 1 litre d'eau. On doit imprimer de telle sorte que l'épreuve soit très vigoureuse au sortir du châssis-presse. Si le négatif à imprimer est dur, on diminuera la dose de bichromate ; on l'augmentera, au contraire, avec les négatifs faibles. La teinte jaunâtre que présente ce papier disparaît complètement par les lavages; au besoin, on peut la détruire très simplement par une immersion suffisamment prolongée dans un bain de 50 grammes d'alun pour un litre d'eau[1].

Les divers papiers que l'on emploie pour l'impression des photocopies doivent être assortis aux divers sujets; les papiers à gros grains doivent être réservés pour les images de grandes dimensions et pour lesquelles le manque de netteté est plutôt une qualité qu'un défaut. On peut obtenir de belles épreuves en imprimant des négatifs dont l'image est très nette; dans ce but, on colle le papier sensible au bord du négatif par un de ses côtés et on intercalle une feuille de verre entre le papier et la surface du négatif: on imprime ainsi au travers de ce verre une image qui n'est pas nette. Lorsque l'impression est à peu près à moitié faite, on enlève la plaque de verre et on termine l'impression, la couche du négatif étant en contact avec le papier. Le verre que l'on emploie doit être aussi exempt que possible de bulles; son épaisseur doit être proportionnée à la grandeur de la tête dans

1. *British Journal of Photography*, 9 août 1895.

un portrait, à la longueur de l'épreuve pour un paysage, soit un vingtième de la longueur du menton au sommet de la tête pour les portraits, un centième de la longueur de l'épreuve pour le paysage. Ce procédé donne de bien meilleurs résultats que ceux qui sont fournis par l'emploi de lentilles non achromatiques, d'images prises en dehors du foyer, etc.

La valeur de l'épreuve aux sels d'argent dépend en grande partie du négatif. On peut cependant utiliser des négatifs très faibles en passant à la surface du papier préparé un pinceau imbibé d'une solution de bichromate de potasse dont le titre peut varier de 0gr25 à 25 grammes par litre d'eau: on laisse sécher ce papier dans l'obscurité et l'on imprime quand il est complètement sec. Si le négatif à imprimer est très dur, on passe sur le papier un pinceau imbibé d'une solution de 10 grammes de phosphate de soude pour 100 c. c. d'eau. On peut aussi employer un mélange de phosphate de soude et de carbonate d'ammoniaque. Le papier ainsi traité est très sensible, mais ne se conserve pas plus de deux à trois jours.

La sensibilisation des papiers aux sels d'argent peut être effectuée sans cuvette. On verse le bain d'argent à la surface du papier maintenu horizontalement, et on étend le liquide à l'aide de pinceaux faits soit avec du coton en rame serré entre deux lames de verre, soit avec une étoffe recouvrant une règle de verre; on fait sécher dans l'obscurité.

Le virage qui convient le mieux aux épreuves sur papier salé est le virage au platine. On le prépare avec 1 gramme de chloro-platinite de potassium, 1gr25 de carbonate de soude, 5 grammes de chlorure de sodium, 1 litre d'eau et 4 gouttes d'acide nitrique. Après le virage, les épreuves sont immergées dans un bain renfermant 30 grammes de carbonate de soude pour un litre d'eau; on fixe à l'hyposulfite de soude et on lave jusqu'à élimination de ce sel.

1436. Papier albuminé. — Les épreuves obtenues sur papier albuminé peuvent être conservées très longtemps si l'on a le soin d'imperméabiliser le verso, tandis que les papiers mats doivent être imperméabilisés sur les deux faces lorsqu'on veut faire donner à ceux-ci toutes les finesses du détail et toutes les délicatesses de demi-teintes que fournissent les papiers brillants[1].

Il est indispensable, lorsqu'on imprime des photocopies sur papier albuminé, d'employer les bains de virage et de fixage séparés (comme avec d'ailleurs tous les papiers qui fournissent des images par noircissement direct). Les bains combinés de virage-fixage donnent, avec tous ces papiers, des épreuves qui doivent fatalement s'altérer dans un avenir plus ou moins rapproché. Le virage doit être effectué avant le fixage et après des lavages soignés.

Les épreuves sur papier albuminé sont moins altérables que celles au collodio-chlorure ou au gélatino-chlorure traitées par les bains de virage-fixage combinés; mais les photocopies au collodio-chlorure ou au gélatino-chlorure traitées par les bains de virage et de fixage employées séparément sont encore moins altérables : ce fait paraît provenir de l'imperméabilité

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1891, p. 307.

relative du collodion et de la gélatine qui semble s'opposer aux agents de destruction qui existent dans l'atmosphère.

M. Reeb a précisé les conditions qu'il convenait de réaliser pour obtenir un bon fixage. Au sortir du bain de virage, on lave l'épreuve et on la fixe dans un bain contenant 200 grammes d'hyposulfite de soude, 50 c. c. de bisulfite de soude à 37° B, et 1,000 à 2,000 c. c. d'eau. Ce bain peut être employé tant qu'il conserve sa limpidité à la condition de faire suivre ce fixage d'un second dans un bain de même composition que le premier mais n'ayant pas servi. On lave jusqu'à élimination de l'hyposulfite de soude. On a constaté[1] qu'en changeant l'eau des épreuves à cinq minutes d'intervalle on ne trouve plus, après le troisième lavage, aucune trace d'hyposulfite ou d'argent dissous, pourvu que les épreuves soient maintenues en mouvement dans une quantité d'eau suffisante. Cette quantité d'eau est de 1 centimètre cube pour 1 centimètre carré de surface de papier (environ un quart de litre par épreuve du format 13 × 18 centimètres). On peut d'ailleurs éliminer l'hyposulfite et ses composés en employant le sel iodé de Mercier (B, **1417**).

L'emploi de la thiosinnamine a été recommandé par M. Liesegang comme un excellent produit pour virer et fixer les épreuves au chlorure d'argent. On emploie un bain contenant 20 grammes de thiosinnamine, 5 grammes d'acide citrique et 1 litre d'eau.

1437. Papiers à la gélatine. — Les papiers préparés au gélatino-chlorure d'argent sont fabriqués industriellement par un assez grand nombre de maisons. Il est mieux, sous le rapport de la coloration et de la conservation des images, d'employer des bains de virage et de fixage séparés. Dans ce cas, on commence par laver les épreuves à l'eau afin de les débarrasser de l'excès d'argent qu'elles peuvent contenir; on les plonge ensuite dans une solution de 50 c. c. de formol et 1 litre d'eau afin d'insolubiliser la gélatine, on lave au sortir de ce bain et l'on vire avec un bain faible (1 gramme de chlorure d'or pur dans 3 ou 4 litres d'eau). Les virages à réaction acide (acide acétique employé avant le virage) donnent des tons bistres; ceux à réaction alcaline donnent en général des teintes d'un bleu noir.

S'il s'agit de virer des épreuves de très grand format, on peut n'employer qu'une petite quantité de bain de virage à la condition de placer l'épreuve bien lavée sur une glace portant une feuille de papier imbibée d'eau; on place le côté non préparé de la photocopie au contact du papier, on promène à la surface de l'épreuve un pinceau en ouate, emmanché à l'extrémité d'une baguette de verre et trempé plusieurs fois dans le bain de virage. L'opération s'effectue très vite et très régulièrement; aussitôt qu'elle est terminée, on lave à grande eau et l'on fixe.

Les photocopies au gélatino-chlorure dont l'impression est trop foncée peuvent être affaiblies à l'aide d'un bain dont Valenta a fait connaître la composition. On prépare une solution d'hyposulfite de soude à saturation dans l'eau froide, et d'autre part une solution de 200 grammes d'azotate d'urane dans 1 litre d'eau; au moment de l'emploi, après lavage de l'épreuve, on mélange 20 c. c. de la solution d'hyposulfite avec 80 c. c. d'eau additionnée de 1 c. c. de la solution de nitrate d'urane et 10 grammes d'io-

1. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1896, p. 257.

dure de potassium : l'épreuve est immergée dans ce bain avant le virage; lorsqu'elle est suffisamment affaiblie, on la lave complètement à cinq ou six eaux et on la fait passer dans le bain de virage; on fixe comme d'habitude[1].

On peut aussi employer la solution suivante qui doit être préparée au moment de l'emploi, après virage et fixage des photocopies. On fait dissoudre 100 c. c. d'hyposulfite de soude dans 1 litre d'eau, et à ce liquide on ajoute 25 c. c. d'une solution aqueuse de bichromate d'ammoniaque à 10 °/₀; l'immersion dans ce bain doit être prolongée pendant un temps variant de trois à cinq minutes[2]. Quand l'épreuve est suffisamment affaiblie, on la soumet aux lavages habituels.

Le virage au platine peut s'effectuer très simplement à l'aide d'un procédé indiqué par M. Valenta. Le papier portant l'image est soigneusement lavé, puis on l'immerge dans un bain contenant 25 grammes de sel marin et 5 grammes de bicarbonate de soude pour un litre d'eau : tous les sels d'argent sont transformés en chlorure et les acides sont neutralisés. L'image prend une teinte jaune orangé; après dix minutes d'action, on retire les épreuves de ce bain, on les lave et on les immerge dans le bain de virage préparé avec un litre d'eau, 30 à 50 c. c. de solution de chloroplatinite de potasse au dixième et 20 grammes de chlorure d'aluminium : ce dernier produit présente l'avantage de durcir la couche de gélatine. Pour éviter une sulfuration possible au moment du fixage, on plonge les épreuves dans l'eau additionnée d'une petite quantité d'ammoniaque. Le lavage final s'effectue comme dans tous les procédés.

1438. Papier au collodio-chlorure. — Dans la préparation du collodio-chlorure d'argent, le mélange des chlorures de strontium et de lithium semble devoir être préféré à tous les autres. Dans 800 c. c. de collodion contenant 3 °/₀ de coton-poudre, on fait dissoudre 4 grammes de chlorure de strontium et 2 grammes de chlorure de lithium; on ajoute 8 grammes d'acide citrique en poudre. Dans un flacon d'environ 1,200 c. c. de capacité, on verse 28 grammes de nitrate d'argent finement pulvérisé, on ajoute 15 c. c. d'eau et on porte la dissolution dans un bain-marie, de manière à faire dissoudre le nitrate d'argent; lorsque la dissolution est complète, on ajoute 100 c. c. d'alcool : c'est dans ce flacon que l'on ajoute par petites fractions le collodion contenant les chlorures; on additionne le tout de 100 c. c. d'éther et 12 c. c. de glycérine. Ce collodion est décanté et sert à recouvrir les feuilles de papier couché.

Les papiers au collodio-chlorure, employés avec les fumigations ammoniacales, sont d'un excellent emploi lorsqu'il s'agit d'imprimer des négatifs très durs; au contraire, si l'on imprime des phototypes légers ayant une tendance au gris, l'emploi d'une solution de bichromate de potasse (environ 0gr50 pour un litre d'eau) permet d'obtenir des épreuves très brillantes : au besoin, on augmente la dose de bichromate de potasse de ce bain que l'on passe à la surface du papier, on le laisse sécher dans l'obscurité avant de l'employer : la teinte jaune qu'il présente disparaît dans un bain d'alun légèrement acidifié.

1. *Phot. Correspondenz*, 1894. — 2. *Photo-Gazette*, 25 décembre 1896, p. 40.

Le virage au platine fournit de très belles photocopies tout à fait comparables à celles que l'on obtient par l'impression directe aux sels de platine. Le Dr Miethe prescrit d'imprimer les épreuves jusqu'à ce qu'elles présentent une teinte très foncée. Après trois lavages, on les place dans un bain faible de sel commun, et, finalement, dans l'eau pure; on les laisse quelques minutes dans ce liquide et on vire avec un bain contenant : eau, 1,000 c. c.; chloroplatinite de potasse, 2 grammes; acide nitrique, 5 c. c. L'action de ce bain de virage est terminée lorsque l'on aperçoit des noirs veloutés avec des parties bleuâtres par transparence; au sortir du bain de virage on lave très abondamment et l'on fixe comme d'habitude.

Pour assurer aux photocopies sur collodio-chlorure une grande inaltérabilité, il est indispensable de les traiter dans des bains de virage et de fixage séparés. Le bain de virage ne doit pas être très concentré (1 gramme de chlorure d'or pour 3 à 4 litres d'eau suivant la température). Le bain qui donne les meilleurs résultats, pourvu que le papier soit préalablement bien lavé, est celui qui renferme 30 grammes d'acétate de soude cristallisé pour 1 gramme de chlorure d'or. Ce bain ne doit être employé que lorsqu'il est complètement décoloré.

M. Bolton a proposé de blanchir au bichlorure de mercure les épreuves sur papier qui sont trop intenses et de les développer ensuite soit à l'hydroquinone, soit à l'amidol : on arrête l'action du bain au moment voulu. M. Davison a constaté que l'immersion dans un bain neuf d'hyposulfite d'une épreuve aux sels d'argent, suivie d'une exposition à l'air libre, produit une considérable réduction d'intensité. Cette opération doit être faite avant le virage, l'épreuve doit être bien lavée; mais, dans ce cas, elle vire plus difficilement[1].

§ 2. — Photocopies par développement.

1439. Papier salé. — Les papiers préparés par les procédés les plus divers peuvent fournir des images par développement pourvu qu'on les préserve absolument de toute lumière autre que celle qui a traversé le négatif.

Le papier salé (papier mat au chlorure d'argent) destiné à fournir des épreuves par développement doit être exposé dans le châssis-presse jusqu'à ce que l'image soit légèrement visible. On plonge ce papier, au sortir du châssis-presse, dans une solution de 100 grammes de bromure de potassium dans un litre d'eau : l'immersion doit être prolongée pendant dix minutes; on lave au sortir de ce bain et on développe dans un bain formé de deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; hydroquinone, 2 grammes; sulfite de soude, 15 grammes; B) eau, 1,000 c. c.; bromure de potassium, 60 grammes; ammoniaque concentrée, 20 c. c. On mélange deux parties de A), une partie de B) et deux parties d'eau. La solution d'ammoniaque et de bromure augmente les contrastes et diminue la durée du développement. Il est bon d'ajouter cette solution par petites fractions au bain de développement[2]. On lave complètement, on vire et on fixe au moyen de divers

1. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1896, p. 418. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1894, p. 378.

bains recommandés pour la manipulation du papier : les lavages doivent être très soigneusement faits après le développement.

1440. Papier albuminé. — Le papier albuminé ordinaire permet d'obtenir des images par développement. La durée de l'exposition à la lumière sous le négatif doit être réduite d'environ au cinquième de ce qu'elle serait si l'on opérait par noircissement direct, comme l'a indiqué M. Valenta[1]. Après l'impression, qui doit être nettement visible, l'image est lavée à l'eau et développée à l'aide de deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 200 grammes; acide citrique, 10 grammes; B) alcool, 1,000 c. c.; hydroquinone, 100 grammes. On emploie 5 c. c. de A), 5 c. c. de B) et 100 c. c. d'eau pour développer une image : la durée du développement est d'environ dix à quinze minutes; on lave complètement, on vire et on fixe.

Le révélateur à l'acide pyrogallique donne de bonnes images à la condition qu'il soit suffisamment riche en sulfite. La solution suivante donne de bons résultats : eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude cristallisé, 100 grammes; acide pyrogallique, 10 grammes; acide citrique, 11 grammes. Le développement s'effectue après lavages au sortir du châssis-presse.

On peut obtenir un papier albuminé dont l'impression se fait très rapidement en immergeant pendant cinq minutes le papier albuminé sensible du commerce dans une solution contenant : bichlorure de mercure, 30 grammes; bromure de potassium, 15 grammes; eau, 1 litre. L'immersion doit être prolongée pendant cinq minutes. On fait sécher dans l'obscurité et on peut imprimer au châssis-presse à la lumière d'une lampe; on développe soit à l'amidol, soit au métol[2].

Le papier albuminé sensibilisé du commerce jaunit après un certain temps, même si on le conserve dans l'obscurité. On peut, comme l'a montré M. Bolton[3], le transformer en papier au bromure d'argent. On emploie un bain contenant 24 grammes de bichromate de potasse, 12 grammes de bromure de potassium et un litre d'eau; on lave d'abord le papier, de façon à éliminer tout le nitrate d'argent libre, puis on fait flotter le papier sur le bain de bichromate pendant cinq minutes, et on lave avec soin de manière à éliminer complètement le bichromate. Si le papier conservait une teinte jaune, on la ferait disparaître en ajoutant un peu d'acide chlorhydrique à l'eau de lavage et terminant par un lavage à l'eau plusieurs fois renouvelée. Le papier ainsi préparé et conservé dans l'obscurité est assez sensible pour donner des images par insolation à la lumière d'une lampe.

1441. Papier à la gélatine. — Le papier le plus employé est le papier au gélatino-bromure; mais on peut fort bien développer des images sur papier au gélatino-chlorure que l'on trouve tout préparé dans le commerce. Au lieu d'imprimer complètement au châssis-presse, on arrête l'action de la lumière aussitôt que l'image commence à se dessiner sur le papier. On développe dans un bain préparé à l'aide de deux solutions : A) acide pyrogallique, 70 grammes; eau, 1 litre; B) acétate de soude, 200 grammes; eau

1. *Anthony's Photographic Bulletin*, 1894, p. 223. — 2. *Phot. Archiv*, 1895. — 3. *British Journal of Photography*, 28 avril 1893.

1 litre. Le bain de développement est formé de 2 c. c. de la solution pyrogallique, 6 c. c. de la solution d'acétate de soude et 60 c. c. d'eau. On peut aussi développer avec le paramidophénol en solution très diluée; on lave, on vire et on fixe comme à l'ordinaire[1].

M. Warnerke a constaté que le papier au gélatino-chlorure se développait très bien à l'aide de l'acide gallique en solution diluée; plus la pose est courte plus le développement est long à effectuer. Le bain révélateur est préparé avec deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; acide acétique, 10 grammes; acétate de soude, 10 grammes; acide gallique, 5 grammes; B) eau, 100 c. c.; acétate de plomb, 10 grammes. On filtre, et lorsque les révélateurs sont limpides, on ajoute 10 c. c. de la solution d'acétate de plomb à 1 litre de la solution d'acide gallique. Le bain de développement s'obtient en ajoutant 5 à 10 parties d'eau au mélange ainsi préparé. Les épreuves sont immergées dans ce bain au sortir du châssis-presse, et on arrête la venue de l'image en plaçant les épreuves dans un bain d'eau salée. Après des lavages suffisants, les images sont virées dans un bain de virage ordinaire et fixées.

Le papier au gélatino-bromure développé au fer donne des épreuves d'un ton bleuâtre froid. On obtient un ton plus chaud en développant soit à l'hydroquinone, au paramidophénol, à la diamidorésorcine, à l'amidol. Cette substance donne de bons résultats en employant le bain suivant[2] : eau, 1 litre; sulfite de soude cristallisé, 60 grammes; amidol, 6 grammes.

On obtient plus facilement des tons chauds, même avec le révélateur au fer, en traitant le papier au gélatino-bromure par un bain composé de 10 grammes de bichromate de potasse, 20 grammes d'alun, 20 c. c. d'acide chlorhydrique et 1 litre d'eau; après quelques minutes d'immersion dans ce bain, on lave le papier pour éliminer le bichromate, on laisse sécher et on expose à la lumière. Le révélateur à l'oxalate ferreux doit être additionné d'une petite quantité d'acide citrique. La présence du chlorure d'argent permet d'obtenir des images dont la tonalité varie du rouge au noir[3].

Le révélateur au métol fournit des images exemptes de voile. On emploie un bain contenant 7 grammes de métol, 50 grammes de sulfite de soude anhydre, 70 grammes de bromure de potassium, 7 grammes de carbonate de potasse et 1 litre d'eau.

L'emploi du bromure de potassium en quantité un peu notable est très utile pour le développement du papier au chloro-gélatino-bromure. L'impression doit être faite au châssis-presse jusqu'à ce que les contours de l'image soient indiqués; on plonge alors le papier dans un bain contenant 6 grammes d'hydroquinone, 9 grammes de sulfite de soude anhydre, 13 grammes de bromure de potassium, 12 grammes de carbonate de soude et 1 litre d'eau; on peut opérer à une faible lumière jaune.

1442. Papiers collodionnés. — Les papiers aristotypes du commerce peuvent être développés à l'aide de l'acide gallique ou de la pyrocatéchine, d'après les indications de M. Liesegang. Dans le premier cas, au sortir du

1. *Photo-Gazette*, 1892, p. 239. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 422. — 3. *Ibid.*, 1894, p. 422.

châssis-presse et sans faire aucun lavage, on immerge le papier dans un bain filtré contenant : 1.000 c. c. d'eau, 15 grammes d'acide gallique, 15 grammes d'acétate de soude et 2 grammes de tannin. L'image prend un ton noir; on obtient un ton bleuâtre en ajoutant un peu d'acide citrique à ce bain. L'acide gallique seul donne des tons rougeâtres; on vire et on fixe par les procédés usuels[1].

Le bain de développement à la pyrocatéchine se prépare avec deux solutions de réserve : A) eau, 250 c. c.; acétate de soude, 50 grammes; B) alcool, 200 c. c.; pyrocatéchine, 10 grammes. Ces deux solutions sont mélangées par parties égales au moment de l'emploi. Le mélange est étendu d'une quantité d'eau variable d'après la durée de l'exposition à la lumière, et suivant que l'on désire obtenir une image harmonieuse ou dure; il suffit d'employer un volume de ce mélange pour un volume d'eau. Les images sont d'autant plus dures que l'exposition a été plus courte. Le lavage, le virage et le fixage ne présentent rien de particulier.

Au lieu de pyrocatéchine on peut employer un révélateur acide à l'hydroquinone, révélateur qui avait été proposé, en 1858, pour obtenir les négatifs au collodion humide. On emploie un bain contenant 1,000 c. c. d'eau, 5 grammes d'acide citrique et 10 grammes d'hydroquinone. Si l'on ajoute du sulfite de soude à ce bain, il peut servir à révéler les épreuves sur papier albuminé.

1443. Remarques sur le développement. — Lorsque la température est un peu élevée, les substances alcalines contenues dans le bain de développement peuvent altérer la gélatine des papiers; on peut remplacer les diverses substances alcalines soit par le phosphate de soude, soit par le bicarbonate de soude qui permet de conserver plus longtemps le bain révélateur.

Un mélange d'iconogène, sulfite et bicarbonate développe toutes les épreuves. On prépare le bain avec 1 litre d'eau, 80 grammes de sulfite de soude cristallisé, 15 grammes d'iconogène, 50 grammes de bicarbonate de soude et 0gr5 de bromure de potassium. Si on désire obtenir des tons rouges avec le papier au chlorure d'argent, on étend la dissolution précédente de 2 litres d'eau dans laquelle on a fait dissoudre 2 grammes de bromure de potassium.

L'emploi du métol fournit de bonnes images. On prépare le bain avec 1 litre d'eau, 150 grammes de sulfite de soude cristallisé, 20 grammes de métol, 50 grammes de bicarbonate de soude et 0gr5 de bromure de potassium.

On peut développer tous les papiers sensibles aux sels d'argent à la condition de les immerger avant le développement dans un bain de bromure de potassium : on arrive par ce moyen à conserver aux parties blanches du négatif toute leur pureté. Le bain est fait à la dose de 50 grammes de bromure de potassium pour un litre d'eau;

1. *Paris-Photographe*, 1892, p. 48.

si l'image est à peine visible au sortir du châssis-presse, elle disparaît souvent dans ce bain ; il suffit d'une durée d'immersion de cinq minutes ; on lave pour enlever l'excès de bromure et on fait agir le révélateur. Il est à remarquer que l'épreuve est d'autant plus *heurtée* qu'elle est moins visible au sortir du châssis-presse. On peut mettre à profit cette observation pour obtenir des photocopies vigoureuses de négatifs faibles, ne fournissant que des images grises par les procédés usuels de phototirage. De même les négatifs *durs* peuvent donner de bonnes épreuves si l'exposition à la lumière est suffisamment prolongée. On peut, en modifiant convenablement le révélateur, obtenir des détails dans les blancs de l'image, ce qui serait impossible sans le procédé de développement. Quel que soit le révélateur adopté, on doit le diluer fortement et l'additionner d'une assez grande quantité de bromure. L'emploi de la diamidorésorcine (**1409**) avec bromure donne de très bons résultats.

M. J. Heldmann a préconisé l'emploi du pinceau pour développer les épreuves sur papier, et, en fait, ce procédé présente de sérieux avantages sur tous les autres quand il s'agit d'épreuves de grandes dimensions[1]. Après l'impression à la lumière, le papier est placé dans une cuvette de dimensions un peu supérieures à celles du papier afin que l'excédent de révélateur ne puisse rester en contact avec le papier. Le papier est placé tout mouillé dans la cuvette et on développe avec une éponge ou un pinceau imbibé du révélateur que l'on a choisi. Il est bon d'employer un pinceau plat à poils un peu durs et d'une longueur d'environ 2 centimètres et demi ; on lave ce pinceau avant et après le développement. L'hydroquinone avec carbonate de soude est d'un emploi avantageux ; ce bain agit, en effet, très lentement ; on lui ajoute une quantité suffisante de bromure de potassium pour éviter la formation d'un voile sur les blancs et obtenir des noirs intenses.

M. Cousin[2] a observé que lorsqu'on ajoute à petites doses l'eau iodée à un révélateur à l'hydroquinone, la durée du développement est considérablement abrégée et le ton des épreuves plus noir que si l'on n'avait pas employé d'iode. Il suffit d'ajouter 3 gouttes d'eau iodée à 100 c. c. d'un révélateur contenant 40 grammes de sulfite de soude anhydre, 10 grammes d'hydroquinone, 100 c. c. d'une solution de carbonate de soude à saturation, et 30 c. c. d'une solution de bro-

1. *Anthony's Photographic Bulletin*, 1895. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896.

mure de potassium à 10 °/₀. L'eau iodée est préparée en dissolvant dans la plus petite quantité d'eau que possible 5 grammes d'iodure de potassium et 1gr5 d'iode en paillettes. Cette eau iodée, ajoutée à forte dose dans le bain révélateur, adoucit les images qui se présentent trop dures au développement; l'effet est très rapide et ce procédé fournit un moyen de changer brusquement la venue de l'image.

L'emploi de l'iode dans le révélateur à l'hydroquinone pour négatifs a été indiqué par le Dr Eder pour fournir des images très brillantes.

1444. Virage des photocopies. — Quel que soit le procédé d'impression adopté pour produire les photocopies, on peut les faire virer de façon à leur communiquer une teinte déterminée. Le virage à l'or ou au platine doit précéder le fixage et l'on doit rejeter l'emploi des bains combinés; l'expérience a prouvé que les images virées par l'emploi de ces bains combinés sont destinées à s'altérer plus rapidement que celles préparées à l'aide d'un bain de virage et d'un bain de fixage séparé.

M. Maes[1] a indiqué un moyen pratique de renforcer les épreuves imprimées sur papier au gélatino-bromure par les procédés usuels Les images bien lavées sont plongées toutes mouillées dans une solution de 50 grammes de bromure de potassium, 50 grammes de sulfate de cuivre et un litre d'eau; elles séjournent dans ce bain jusqu'à l'effacement de l'image qui devient légèrement jaunâtre; on lave à plusieurs eaux pour éliminer complètement le bromure de cuivre et on plonge les épreuves dans une solution de nitrate d'argent à 2 ou 3 °/₀: l'image se développe très rapidement et prend une grande vigueur, le ton est noir pourpré; on élimine le nitrate en excès par des lavages à l'eau très abondants.

Le Dr Just[2] a montré que le métol mélangé au sulfite de soude développe les papiers préparés au bromure et au chlorure d'argent; c'est surtout avec le papier au chlorure que les images présentent les plus belles teintes. Il faut employer un révélateur assez dilué; on pourra utiliser les vieux bains qui ont servi à développer les négatifs, à la condition de les additionner d'un excès de bromure.

Les photocopies sur papier à la gélatine doivent être alunées après le développement et avant le virage. On les lave et on les immerge dans un bain contenant 50 grammes d'alun pour 1 litre d'eau; on lave et on plonge l'épreuve dans le bain de virage. On obtient des tons noirs ou noir bleu par l'emploi d'un bain contenant 1 gramme de chlorure d'or, 48 grammes de chlorure de sodium, 1 gramme de sulfocyanure d'ammonium et 2 litres d'eau[3]. Ce bain peut être employé pendant longtemps à la condition de lui ajouter 1 gramme de chlorure d'or par main (24 feuilles) de papier viré. En réduisant de moitié la quantité d'eau entrant dans cette formule, on obtient un bain qui agit très rapidement.

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1892, p. 825. — 2. *Phot. News*, 29 juillet 1892. — 3. *The Amateur Photographer*, 11 novembre 1892.

Pour obtenir des images d'un bleu verdâtre, on emploie le bain à l'urane (A, **1199**), et lorsque les épreuves ont acquis une coloration rouge brun, on lave et on les plonge dans un bain composé de 1 gramme de perchlorure de fer, 2 c. c. d'acide chlorhydrique et 300 c. c. d'eau. L'addition de sulfocyanure d'ammonium[1] au bain de virage à l'urane permet de faciliter le dépôt brun de ferrocyanure d'uranium. On prépare le virage à l'aide de deux solutions : A) eau, 1,000 c. c.; ferricyanure de potassium, 2 à 3 grammes; B) eau 1,000 c. c.; nitrate d'urane, 10 grammes; acide acétique, 10 grammes; sulfocyanure d'ammonium, 50 grammes. Pour l'usage, on prend parties égales de chacune de ces dissolutions.

Ce virage à l'urane peut être employé avec presque tous les papiers fournissant des photocopies. S'il s'agit d'épreuves au platine, il ne faut pas pousser le développement à fond, car ce procédé renforce l'image; il faut que toute trace de fer ou d'acide soit éliminée quand on procède au virage. On prépare trois solutions : A) nitrate d'urane, 10 grammes; acide acétique cristallisable, 10 grammes; eau distillée, 100 c. c.; B) ferricyanure de potassium, 10 grammes; eau distillée, 100 c. c.; C) sulfocyanure d'ammonium 50 grammes; eau distillée, 100 c. c. On mesure 60 c. c. d'eau, on ajoute 10 gouttes de A) et 10 gouttes de B), on fait flotter l'épreuve sur le bain ainsi préparé, on rince la mesure graduée et l'on y verse 10 gouttes de C); on verse le bain dans la mesure et on projette le tout sur l'épreuve. L'image doit prendre un ton brun chaud avant que le bain soit troublé. Le ton passe au rouge par un séjour prolongé dans ce bain. On ramène l'épreuve à l'intensité voulue avec de l'ammoniaque ou un bain au carbonate de soude. Si l'on emploie le papier au bromure d'argent, l'addition de la solution C) n'est pas nécessaire; on emploie 30 c. c. de A), 30 c. c. de B) et 100 c. c. d'eau. Le premier mélange doit être réservé aux épreuves au gélatino-chlorure ou à celles au platine[2].

§ 3. — Photocopies sur verre.

1445. Emploi du papier au collodio-chlorure. — On peut obtenir des images diapositives pour projections ou pour épreuves stéréoscopiques en se servant de la plupart des papiers à la celloïdine ou au collodio-chlorure d'argent du commerce. Il suffit d'imprimer l'épreuve un peu vigoureusement; quand elle est virée, fixée et lavée, on l'applique sur le verre qui doit servir de support. verre qui a été préalablement recouvert d'une mince couche de gélatine bichromatée que l'on insole après le séchage : la gélatine devient insoluble. Quand l'image a été appliquée sur le support gélatiné, on la laisse sécher complètement, puis on place le tout dans l'eau tiède. jusqu'à ce que le papier abandonne de lui-même la couche de collo-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 312. — 2. *Phot. News*, 21 février 1896.

dion. L'opération est d'autant plus rapide que la température de l'eau employée est plus élevée. On enlève les dernières traces de gélatine adhérente au collodion à l'aide d'un morceau de ouate trempé dans l'eau tiède, on lave à l'eau froide et on fait sécher.

Si l'on veut obtenir l'image dans son vrai sens, on effectue un double transfert, exactement comme s'il s'agissait d'une épreuve au charbon, en opérant, soit sur papier stéariné, ciré, ou au caoutchouc, suivant l'ancienne méthode de Swann. (II, **656**.)

Presque tous les papiers existant dans le commerce sous le nom de papier au collodion, à la pyroxiline, à la celloïdine, etc., peuvent être traités par ce procédé; mais il importe que les bains dans lesquels on immerge les papiers ne renferment pas d'alun, sans quoi le transfert deviendrait impossible par suite de l'insolubilisation de la gélatine.

On peut préparer directement des plaques au collodio-chlorure d'argent. Les verres sur lesquels on veut étendre la couche sensible sont nettoyés à la teinture d'iode et polis au talc; on étend ensuite sur le verre une émulsion préparée avec 2 grammes de coton-poudre, 75 c. c. d'alcool, 100 c. c. d'éther (que l'on ajoute peu à peu au coton-poudre imbibé d'alcool en agitant vigoureusement après chaque addition), 2gr50 de chlorure de zinc et 6 grammes de nitrate d'argent. Pour effectuer rapidement cette préparation, on dissout le chlorure de zinc dans 25 c. c. d'alcool, et l'on verse cet alcool sur les 2 grammes de coton-poudre placés dans un flacon de verre jaune; on ajoute ensuite peu à peu les 100 c. c. d'éther en agitant pour favoriser la dissolution du coton-poudre : le nitrate d'argent est finement pulvérisé; on pèse 6 grammes de ce sel que l'on place dans un flacon de verre pouvant être chauffé au bain-marie, on ajoute 6 c. c. d'eau et l'on chauffe jusqu'à ce que tout le nitrate soit dissous; on ajoute alors 50 c. c. d'alcool : il se produit un précipité qui ne disparaît pas par l'agitation; on verse peu à peu ce liquide dans le collodion préparé et l'on agite fortement; on laisse déposer cette émulsion pendant vingt-quatre heures et on la filtre avant de l'étendre sur verre; aussitôt que l'éther et l'alcool se sont évaporés de la surface du verre sur lequel on a étendu l'émulsion, on lave la couche dans l'eau distillée jusqu'à ce que les traînées huileuses aient disparu de la surface de la plaque; on imprime par contact au châssis-presse et on développe avec le développateur au citro-oxalate ferreux additionné de son volume de solution de bromure de potassium à 10 %.

Les plaques ainsi préparées peuvent être développées par l'emploi de l'hydroquinone. Il est indispensable que ce révélateur contienne 6 grammes de bromure de potassium par gramme d'hydroquinone employé[1]; on fixe dans un bain d'hyposulfite de soude à 12 %.

1446. Emploi du chloro-gélatino-bromure. — Les plaques au gélatino-bromure peuvent être préparées à l'aide de l'émulsion combinée sui-

1. *British Journal of Photography*, 11 janvier 1895.

vant la formule de M. Burton. On fait dissoudre : A) gélatine dure de Heinrich, 16 grammes; bromure d'ammonium, 40 grammes; chlorure de sodium, 10 grammes; acide chlorhydrique, 1 c. c.; eau distillée, 1 litre. D'autre part, on fait une dissolution de 78 grammes de nitrate d'argent dans 170 c. c. d'eau distillée, on porte ces deux liquides à la température de 54° C et on les mélange dans le cabinet obscur. Le mélange doit être fait en ajoutant peu à peu la solution argentique à celle de gélatine et en agitant vivement chaque fois. On additionne ce mélange de gélatine dure de Heinrich que l'on a préalablement fait gonfler dans l'eau distillée; aussitôt que la gélatine est dissoute, on met le vase contenant l'émulsion dans l'eau froide pour qu'elle fasse prise rapidement. En opérant ainsi à basse température et en milieu acide l'émulsion donne des couches à grain très fin; ces couches permettent d'apercevoir à la distance de 3 mètres la flamme d'une bougie, et cette flamme paraît colorée en rouge. L'émulsion est lavée comme d'habitude (II, **398**). On la fait fondre de nouveau à la température la plus basse possible, on la filtre et on l'étend en couches minces sur les plaques de verre bien nettoyées.

On obtient avec les plaques préparées par ce procédé une très grande variété de teintes; il suffit de prolonger plus ou moins la durée de l'exposition à la lumière et de faire varier les divers éléments constituant le révélateur. Celui qui est préparé à l'acide pyrogallique, sulfite de soude et ammoniaque fournit les meilleurs résultats : on doit fixer dans un bain très limpide, contenant du bisulfite de soude. S'il est nécessaire de recourir au renforçage de l'épreuve, le mieux est d'employer l'ancien bain de renforcement recommandé pour les négatifs au collodion humide (II, **298**); si ce procédé ne réussit pas, c'est que la couche a été insuffisamment lavée, ce qui est rare, parce que le peu d'épaisseur de la couche favorise le lavage.

En utilisant la lumière du magnésium pour l'impression des diapositives, on peut obtenir une très grande régularité dans le tirage. Il suffit, en général, de 5 centimètres d'un ruban de magnésium de 2 millimètres de large que l'on brûle dans la flamme d'une lampe à alcool placée à 25, 35 ou 40 centimètres du négatif à imprimer, suivant que ce négatif est très intense, d'intensité moyenne ou faible. Une coloration rouge dénote un excès de pose; on devra, dans ce cas, éloigner le négatif de la source lumineuse.

1447. Développement des diapositives. — Il est bon d'avoir un mode de développement permettant de révéler les épreuves manquant de pose aussi bien que celles qui sont surexposées. Il suffit d'avoir trois cuvettes renfermant un bain agissant lentement qui sert pour les plaques surexposées; un second sert pour les plaques qui ont eu une exposition normale; le troisième, agissant très rapidement, sert pour les plaques dont l'exposition a été insuffisante.

L'emploi du métol[1] fournit un bain de développement très pratique pour les diapositives pour projections. On emploie : eau, 1 litre; sulfite de soude, 25 grammes; carbonate de potasse, 25 grammes; métol, 8 grammes; on ajoute à ce liquide 90 à 120 c. c. d'une solution de 48 grammes de carbo-

1. *The Amateur Photographer*, n° 483.

[illegible]

1448. Virage des diapositives. — [illegible]

1449. Diapositives obtenues à la chambre noire. — Le procédé de [illegible] à la chambre noire permettant d'obtenir directement un positif

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1895, p. 392. — 2. *Ibid.*, 1901, p. [illegible]. 3. *Phot. Wochenblatt*, 1905, n° 1.

d'après un négatif fournit un moyen très pratique d'obtenir de bonnes images d'après des négatifs médiocres; de plus, on peut obtenir des images de teintes très variées, teinte qui doit convenir au sujet représenté : sépia pour les scènes de genre et les portraits, vert bleu ou rouge violacé pour les marines. Le procédé d'impression à la chambre permet de réduire les dimensions de l'épreuve, de telle sorte que dans le cas de projection, les personnages ne se projettent pas plus grand que nature sur l'écran.

En modifiant convenablement l'éclairage du négatif à reproduire, éclairant très fortement les négatifs qui sont très intenses et diminuant à l'aide d'un ou plusieurs verres dépolis la lumière qui frappe un négatif *faible*, choisissant convenablement le bain révélateur, on peut modifier complètement le caractère d'un négatif.

L'objectif employé pour ces reproductions à la chambre noire doit couvrir à pleine ouverture et avec une parfaite netteté une dimension égale à celle de la reproduction à obtenir. Si le négatif à reproduire est retouché sur le côté verre, si l'on emploie un négatif compensé, il faut se servir d'un objectif à très grande ouverture ayant une profondeur de champ aussi faible que possible, afin que la diapositive ne porte pas trace des retouches qui se trouvent du côté du verre.

BIBLIOGRAPHIE.

BALAGNY. — *Les Contretypes ou les copies des clichés.*
COUPÉ. — *Méthode pratique pour l'obtention des diapositives*
FOURTIER. — *Les Positifs sur verre.*
LEGROS. — *L'Aristotypie.*
MAWSON and SWANN. — *The gélatino-bromide papier process.*
TRANCHANT. — *La Linotypie.*
TRUTAT. — *Les épreuves positives sur papier émulsionné.*
VOGEL (Dr H. W.) — *Handbuch der photographie.*

CHAPITRE II.

PHOTOCOPIES OBTENUES PAR L'EMPLOI DE DIVERS SELS.

§ 1. — Photocopies aux sels de platine.

1450. Préparation du papier au platine. — Le papier que l'on veut préparer doit être de belle qualité. On enduit une de ses faces d'un mélange de 1 gramme d'arrow-rot et de 50 c. c. d'une solution saturée à froid d'oxalate de soude, on laisse sécher cette couche; on peut en appliquer plusieurs si le papier est épais et on conserve dans un endroit sec les feuilles ainsi traitées. On obtient des teintes noires en sensibilisant le papier à l'aide du mélange de diverses liqueurs qui sont constituées par des solutions saturées à froid : chloroplatinite de potassium, 5 c. c.; oxalate ferrico-sodique, 8 c. c.; chlorate de potasse, 3 gouttes. Les tons bruns s'obtiennent en employant les solutions suivantes saturées à froid : chloroplatinite de potassium, 5 c. c.; oxalate ferrico-sodique, 4 c. c.; oxalate de soude, 3 c. c.; chlorure mercurique, 1 c. c.; chlorate de potasse, 3 gouttes. Plus on ajoute de chlorate de potasse et plus les photocopies sont dures; moins il y a de chlorure mercurique, plus le ton est noir. Les quantités de liquide indiquées ci-dessus sont suffisantes pour sensibiliser une feuille de papier du format 50 × 60 centimètres; on sèche rapidement à la chaleur artificielle (I, **618**). Le papier sec peut être employé immédiatement; on le développe dans une dissolution saturée d'oxalate de potasse chauffée à 70° C.

On peut aussi encoller le papier avec des résines étendues, telles que la gomme Dammar, la colophane, le benjoin, etc. On utilise des solutions alcooliques renfermant 1 % de ces substances : les photocopies obtenues sont plus brillantes parce qu'elles sont à la surface du papier. Si le papier n'a pas été préalablement encollé, on mélange l'encollage à la solution sensibilisatrice. On prépare : A) chloroplatinite de potassium, 10 grammes; eau distillée, 60 c. c.; B) oxalate ammoniaco-ferrique, 40 grammes; gomme arabique en poudre, 40 grammes; solution d'oxalate de potasse à 5 %, 100 c. c.; glycérine, 3 c. c.; C) solution de chlorate de potassium à 5 %, 8 c. c., solution B), 100 c. c.; D) solution de bichlorure de mercure à 5 %, 20 c. c.; solution d'oxalate de potassium à 5 %, 40 c. c.; gomme arabique en poudre, 24 grammes; glycérine, 2 c. c. Les solutions C) et D) doivent être conservées dans l'obscurité; la solution B doit être préparée à la température de 50° C. Pour obtenir des images noires avec des négatifs de densité moyenne, on prépare le mélange suivant : solution A), 5 c. c.; solution B), 6 c. c.; solution C), 2 c. c. Si l'on désire des images de teinte sépia, on emploie 5 c. c. de A), 4 c. c. de C) et 4 c. c. de D). Pour faire disparaître les bulles qui se produisent pendant l'application de ce mélange,

on égalise la couche avec un blaireau doux, on sèche à la façon ordinaire et on conserve dans un endroit sec. Ce papier est insolé sous un négatif. On prolonge la durée de l'insolation jusqu'à ce que l'image apparaisse complètement imprimée avec la teinte qu'elle doit avoir : il suffit, après que les grandes ombres se sont montrées, de développer à froid dans une solution d'oxalate de potassium ou de carbonate de soude, l'une et l'autre à la dose de 50 gramme par litre d'eau.

L'impression étant complète, les épreuves sont fixées dans un bain contenant 10 parties d'acide chlorhydrique pour 800 parties d'eau; on renouvelle deux ou trois fois ce bain. On peut d'ailleurs le remplacer par le bain suivant : eau, 1,000 c. c.; sulfate de cuivre, 10 grammes; on termine par un lavage à plusieurs eaux.

En ajoutant diverses substances au développateur, on peut modifier le caractère de l'image. Certaines substances colloïdes donnent un ton brun riche, tandis que la glycérine retarde la venue de l'image; cette propriété de la glycérine la rend très convenable pour faire des retouches locales.

M. Lainer[1] a constaté qu'en ajoutant du bichromate d'ammonium à la solution sensibilisatrice on obtient des photocopies brillantes, même des négatifs qui fournissent des images ternes et sans vigueur. Le papier que l'on emploie doit être à grain assez fin et préparé préalablement à la gélatine ou à la gomme. On le sensibilise avec deux solutions : A) 50 grammes d'oxalate de fer et d'ammoniaque, 50 c. c. d'eau distillée, 15 c. c. de solution d'acide oxalique à 10 °/₀; B) chloroplatinite de potassium, 6gr25; eau, 100 c. c. On mélange 48 c. c. de A) et 72 c. c. de B) pour dix feuilles de papier du format 50 × 60. Si le négatif à imprimer est très gris et faible, on ajoute au mélange précédent 8 c. c. d'une solution de 4 grammes de bichromate d'ammonium dissous dans 100 c. c. d'eau. On obtient des épreuves toutes à la surface du papier en ajoutant à ce mélange 5 grammes de gomme arabique.

La composition du bain de développement a une grande influence sur l'intensité des épreuves. Si en employant un bain de 16 grammes d'oxalate pour 100 c. c. d'eau on obtient un ton brunâtre, en diluant cette dissolution on obtiendra plus de douceur et une teinte plus claire. Les négatifs faibles[2] donnent de belles images par l'emploi d'un bain formé de 1,000 c. c d'eau, 100 grammes d'oxalate et 50 grammes de phosphate potassique.

On peut renforcer les photocopies au platine en employant une solution de formiate de soude et de chlorure platinique. On mélange 5 c. c. d'une solution à 10 °/₀ de formiate de soude et une solution à 2 °/₀ de chlorure platinique; ce mélange est étendu de 100 c. c. d'eau. La solution obtenue forme le bain de renforcement dans lequel l'épreuve gagne en intensité; ce bain peut servir aussi au renforcement des diapositives[3].

La préparation du papier au platine peut être faite en vue d'imprimer trois catégories de négatifs : 1° des négatifs durs; 2° des négatifs d'intensité convenable; 3° enfin des négatifs faibles. On préparera le

1. *Phot, Correspondenz*, 1895. — 2. *Das Atelier des Photographen*, 1896, n° 6. — 3. *British Journal of Photography*, 21 août 1896.

papier à l'aide des solutions normales suivantes : A) eau, 60 c. c.; chloroplatinite de potassium, 10 grammes; B) eau, 100 c. c.; oxalate ferricosodique, 20 grammes; acide oxalique, 1gr50; C) solution B), 100 c. c.; chlorate de potasse, 0gr4.

Le papier pour négatifs durs se prépare avec 24 c. c. de A), 22 c. c. de B) et 4 c. c. d'eau distillée; celui pour négatifs d'intensité moyenne avec 24 c. c. de A), 14 c. c. de B), 8 c. c. de C) et 4 c. c. d'eau distillée; enfin les négatifs faibles s'imprimeront sur un papier enduit de 24 c. c. de A), 22 c. c. de C) et 4 c. c. d'eau distillée.

1451. Développement du papier au platine. — Le développement à froid du papier au platine permet d'obtenir des effets très artistiques; on peut, en effet, développer localement l'image et produire ainsi des retouches du plus bel effet. On imprime de telle sorte qu'on obtiendrait une image très intense si l'on opérait par les procédés usuels. Le papier est fixé sur une planchette placée dans le laboratoire éclairé par une lumière jaune, on verse sur la couche insolée un peu de glycérine pure qu'on étend avec un tampon de coton, on enlève l'excès de glycérine, puis on verse dans quatre récipients les mélanges suivants : n° 1, glycérine, 4 parties; solution d'oxalate de potasse à 15 °/₀, 1 partie; n° 2, glycérine, 2 parties; solution d'oxalate à 14 °/₀, 1 partie; n° 3, solution d'oxalate à 15 °/₀; n° 4, solution d'oxalate à 30 °/₀. On commence par développer en passant à la surface du papier un blaireau imbibé de la solution n° 1, on laisse de côté, même au commencement, les parties qui pourraient devenir trop noires, on finit par toucher avec la solution n° 4 celles qui demeurent trop blanches : avec un peu d'habitude et de goût on arrive ainsi à obtenir l'effet cherché[1].

1452. Virage des épreuves au platine. — M. Packham modifie la teinte des épreuves au platine en se servant de cachou. Il faut éviter que l'épreuve présente la moindre trace de voile, car la coloration se montrera partout où il y a dépôt de platine, quelque léger qu'il soit. L'addition au bain d'oxalate de substances organiques telles que glucose, sucre, miel, etc., augmente le pouvoir absorbant du platine pour le cachou. On fait bouillir pendant cinq à dix minutes 140 c. c. d'eau, 3 grammes de sucre et 70 grammes d'oxalate de potasse, on amène ce bain à la température de 30°C et on développe en laissant flotter le papier à la surface du liquide. La solution de cachou qui sert à produire le bain de virage s'obtient en faisant bouillir 7 grammes de poudre de cachou dans 140 c. c. d'eau; quand le liquide est refroidi on ajoute 30 c. c. d'alcool. Pour obtenir le bain de virage on ajoute 2 à 3 volumes d'eau à la solution de cachou, on chauffe à la température de 35°C, on verse le bain sur l'épreuve et on maintient la température jusqu'à ce que l'on ait obtenu la teinte voulue; si l'on opère à froid, la durée de l'opération est extrêmement longue[2].

Le virage à l'aide du chlorure d'or donne une teinte qui est d'abord bleue

1. *The Amateur photographer*, n° 566. - 2. *Journal of the Royal Phot. Society*, février 1895.

noire et finalement presque bleue. Si l'image originale est brunâtre, un léger virage lui donne une coloration franchement noire. La difficulté consiste à éliminer l'excès de sel d'or qui imprègne le papier et qui tend à donner une teinte bleue; on y parvient à l'aide d'une solution révélatrice, telle que le métol. On prépare une solution de 1 gramme de chlorure d'or dans 30 c. c. d'eau distillée qu'on additionne de craie; lorsque le bain est décoloré, on filtre et on ajoute une goutte d'acide chlorhydrique : le révélateur contient 1 litre d'eau, 50 grammes de sulfite de potasse anhydre, 5 grammes de métol et 50 grammes de carbonate de soude. La photocopie au platine, développée, éclaircie et séchée comme d'habitude, est placée pendant deux ou trois minutes dans l'eau; on la dispose sur une surface unie (verre opale) et on éponge l'excès d'eau; on étend sur sa surface de la glycérine, et quand l'image est bien imprégnée de cette substance, on fait tomber sur la glycérine quelques gouttes de la solution de chlorure d'or que l'on mélange à la glycérine à l'aide d'un pinceau passé rapidement à la surface de l'image. On peut continuer ce virage tant que les grandes lumières ne se teintent pas; aussitôt que ce phénomène se produit, l'épreuve est rapidement et complètement lavée, de façon à enlever l'or et la glycérine; on imprègne alors les deux faces avec la solution de métol et on termine par un lavage; toutes ces opérations peuvent être faites à la lumière du jour.

1452. Restauration des épreuves au platine. — Quand les épreuves au platine ont été mal préparées, elles peuvent passer à une teinte jaune et même rouge orangé si elles sont exposées longtemps aux rayons directs du soleil. MM. Poulenc ont montré qu'il était possible de restaurer de telles épreuves en employant l'hypochlorite de soude[1] en dissolution. On mesure 50 c. c. de la solution commerciale d'hypochlorite de soude, on verse ce liquide dans un litre d'eau, on plonge dans ce bain la photocopie préalablement lavée; on renouvelle le bain de temps à autre, jusqu'à ce que l'on juge le papier devenu suffisamment blanc; on lave alors avec soin en prenant la précaution d'ajouter à une ou deux des dernières eaux de lavage quelques gouttes d'acide chlorhydrique destiné à détruire l'hypochlorite contenu dans le papier : l'épreuve a repris alors plus ou moins son aspect primitif.

§ 2. — Photocopies et photocalques aux sels de fer.

1453. Photocopies aux sels de fer. — On peut imprimer des photocopies sur papier à lettres, cartes-correspondances, etc. Le papier est préparé à l'aide de deux solutions : A) eau, 15 c. c.; citrate de fer, 1 gramme; oxalate ferrico-ammoniaque, 1 gramme; B) eau, 10 grammes; ferricyanure de potassium, 10 grammes. A l'aide d'une éponge fine, le

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894. p. 555.

papier est imprégné de la première dissolution à la place où on désire imprimer la photographie; quand le papier est sec, on l'expose sous un négatif jusqu'à apparition légère de l'image; on développe au moyen d'un pinceau imbibé de la solution B), on lave à l'eau et on sèche entre des buvards[1]. S'il y a surexposition, on ajoute à l'eau de lavage quelques gouttes d'ammoniaque. Les épreuves manquant d'éclat peuvent être renforcées, comme l'a rappelé Himly[2], en les immergeant dans une solution à 5 % d'un sel ferrique : le perchlorure de fer convient parfaitement; on lave ensuite et on fait sécher.

On obtient un papier extrêmement sensible à la lumière en le faisant flotter sur la dissolution suivante : eau, 1,000 c. c.; citrate de fer ammoniacal, 80 à 100 grammes; nitrate d'argent, 12 à 20 grammes; gélatine, 10 à 15 grammes. Sous l'action de la lumière, il prend une coloration jaune clair qui pendant les lavages passe au brun foncé[3].

Les photocopies de teinte bleue peuvent être amenées à une coloration brune[4]. L'épreuve bleue, bien lavée et séchée, est plongée dans un bain d'ammoniaque diluée (eau, 900 c. c.; ammoniaque, 100 c. c.) jusqu'à ce que l'image soit presque blanche; on lave et on plonge la photocopie dans un bain de tannin à 2 % jusqu'à ce que le virage soit obtenu, ce qui peut nécessiter douze heures; si après ce temps la couleur n'est pas assez foncée, on ajoute au bain quelques gouttes d'ammoniaque et on abandonne l'épreuve pendant une ou deux minutes; on lave ensuite abondamment. Si l'on désire une image de teinte noire, on place le papier dans l'eau légèrement acidifiée par l'acide azotique, puis dans un bain de carbonate de soude à 5 % : l'image prend une teinte orangée. On la met alors dans un bain d'acide gallique à saturation, et finalement dans l'eau légèrement acidifiée; on lave et on sèche.

1454. Diapositives bleues. — Les plaques au gélatino-bromure hors de service peuvent être utilisées de la manière suivante : on fait disparaître le bromure d'argent en plongeant la plaque dans un bain contenant 30 grammes de prussiate rouge de potasse mélangé à un bain renfermant 30 grammes d'hyposulfite de soude pour 500 c. c. d'eau : la couche de gélatine devient transparente en quelques minutes; on lave complètement et l'on plonge la plaque dans une dissolution de 25 grammes de citrate de fer ammoniacal pour 100 c. c d'eau, on laisse sécher dans le cabinet obscur, et l'on imprime par contact à la lumière du jour jusqu'à ce que les ombres soient devenues brunes; on développe la plaque, sans la laver, avec une solution de ferricyanure de potassium à 25 %; quand le développement est terminé, on lave à l'eau jusqu'à ce que les grandes lumières soient devenues complètement claires.

1. *Paris-Photographe*, 1894, p. 137. — 2. *British Journal of Photography*, septembre 1892. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 400. — 4. *Photo-Gazette*, 1896, p. 120.

§ 3. — Photocopies aux sels de chrome.

1454. Procédé Artigue. — L'emploi du papier que l'on trouve dans le commerce sous le nom de papier *charbon-velours Artigue* permet d'obtenir des images très artistiques (**1209**). On peut sensibiliser ce papier, d'après les indications de M. de Saint-Senoch, en l'immergeant complètement dans un bain de 25 grammes de bichromate de potasse pour 1 litre d'eau[1]; pendant l'été ce bain doit être maintenu à la température de 15° C. M. le colonel de Saint-Florent verse sur le côté charbon une solution alcoolique saturée à froid de bichromate d'ammoniaque : la dessiccation s'opère en deux minutes; on lave la feuille après exposition au sortir du châssis-presse, puis on l'étend sur une glace et on la frotte avec une touffe de coton mouillée à l'eau froide, de manière à enlever le noir des parties non insolées : en agissant avec précaution, l'image se dégage peu à peu. Il est indispensable que le papier soit de préparation récente, sans quoi il faut développer à l'eau chaude[2].

M. Pector développe très facilement le papier au charbon-velours à l'aide : 1° d'un appareil qui se compose d'un plateau sur lequel on pose le récipient destiné à contenir le mélange d'eau et de sciure de bois employé au développement; 2° de deux montants insérés dans cette base et fixés au moyen d'une vis de serrage; ces montants sont garnis de supports destinés à recevoir des règles pinceuses, différemment espacées pour répondre aux grandeurs diverses des formats de papier; 3° de règles composées de deux parties s'emboîtant l'une dans l'autre et retenant le papier au moyen d'anneaux de cuivre, ce qui évite toute chance de chute, accident fréquent quand on emploie les pinces de blanchisseuses ou autres analogues. Ces règles sont en forme d'olive comme coupe, afin de faciliter l'écoulement du liquide versé dessus. Les montants peuvent recevoir deux tringles suffisamment espacées pour que le liquide passe entre elles. On a donc la facilité de développer deux épreuves et même plus à la fois, ce qui n'est pas à dédaigner, car l'opération du développement est toujours assez longue; c'est même là un des inconvénients de ce procédé.

On peut aussi, pour soutenir les papiers pendant le dépouillement, comme l'a indiqué M. de Saint-Senoch[3], employer le petit appareil appelé « Classe-feuille Delagarde » que l'on trouve chez tous les papetiers : il faut seulement presser fortement sur les crochets de fermeture la première fois que l'on se sert de cet appareil, de façon qu'il saisisse bien le papier et la réglette. On peut projeter sous pression le mélange d'eau et la sciure : ce procédé permet de dépouiller convenablement les parties de l'image qui sont trop noires; on peut, par le même moyen, débarrasser l'épreuve terminée des points de sciure fixés par la gélatine et qu'elle retient avec une assez grande persistance.

Les images obtenues sur papier charbon velours augmentent d'intensité en séchant : on doit donc continuer le dépouillement jusqu'à ce que les

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1894, p. 261. — 2. *Ibid.*, 1896, p. 222. — 3. *Ibid.*, 1894, p. 157. — 4. *Ibid.*, 1894, p. 263.

demi-teintes s'affaiblissent; on peut d'ailleurs diminuer l'intensité des teintes à l'aide d'un pinceau promené à la surface de la couche, l'épreuve étant couverte d'une épaisseur d'eau de 5 à 6 millimètres. On consolide la couche dans une solution d'alun à 5 %, et lorsque l'épreuve est terminée, on la monte sur carton; l'on procède exactement comme pour les épreuves aux sels d'argent.

1455. Papier au charbon. — La mixtion qui recouvre le papier au charbon peut être étendue sur un papier de couleur inactinique; après sensibilisation, on applique le côté gélatiné contre un support opaque tel que l'ébonite; le séchage peut être fait en pleine lumière. M. Withe a montré qu'on réalisait ainsi plusieurs avantages[1] : le séchage se fait rapidement, la couche pigmentaire reste soluble pendant longtemps, le séchage se fait à l'abri des poussières et, de plus, le papier n'étant pas suspendu dans le cabinet noir, on peut y effectuer d'autres opérations.

On peut préparer un papier mixtionné donnant de belles épreuves noires en opérant comme l'a indiqué le Dr Mallmann[2]. On mouille du papier de Rives et on l'enduit d'une solution de gélatine à 2 %; quand la gélatine est à peu près sèche, on saupoudre la surface de noir ou de brun d'ivoire. On peut le sensibiliser en même temps en opérant comme on le faisait au début du procédé au charbon, c'est-à-dire en faisant dissoudre dans la solution gélatineuse 0gr20 à 0gr25 de bichromate de potasse par gramme de gélatine employée.

La préparation du papier mixtionné (III, **658**) peut d'ailleurs être faite rapidement, comme l'a indiqué M. Rousseau[3], en incorporant la matière colorante choisie à une dissolution de bonne gélatine. On fait dissoudre 20 grammes de gélatine dans un litre d'eau, on ajoute 6 c. c. de glycérine et 6 grammes de la matière colorante bien broyée; après mélange et dissolution, on filtre sur une fine mousseline, on étend sur papier, puis on laisse sécher.

Les matières colorantes ne sont pas toutes convenables pour fournir des images au charbon; elles doivent être essayées d'après le procédé qu'a fait connaître Jeanrenaud pour la sépia[4] qui fournit ordinairement des couches bichromatées devenant insolubles sans l'intervention de la lumière. Pour l'amener à un état convenable, on fait bouillir la pâte de matière colorante avec une solution de bichromate de potasse concentrée; la matière colorante non altérée est lavée jusqu'à disparition du bichromate de potasse, puis lavée à l'alcool concentré, et finalement à l'eau bouillante : la sépia ainsi traitée est inerte dans les préparations gélatino-chromatées.

M. Cousin a montré que le dépouillement de certains papiers au charbon pouvait être fait d'une manière très simple. Après exposition sous le négatif, le papier est plongé dans une cuvette d'eau froide pour le débarrasser de la plus grande partie du bichromate; on le plonge ensuite dans une solution froide contenant 5 à 10 % de sulfocyanure d'ammonium : l'image apparaît dans peu de temps; pour la dépouiller, on verse à sa surface,

1. *The Journal of the Photographic Society*, 1894, n° 11. — 2. *The British Journal of Photography*, 1895, n° 1851. — 3. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1895, p. 109. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1872.

comme dans le procédé Artigue, un mélange de sciure de bois de sapin et d'eau qui balaie la couche dans les parties qui doivent rester blanches. Le dépouillement se fait très vite si la durée de l'exposition n'a pas été exagérée; la même solution de sulfocyanure peut servir pendant fort longtemps[1].

M. Drouet[2], dans le but de consolider la couche de gélatine après les lavages qui suivent le passage à l'alun, plonge l'épreuve dans un bain contenant 50 c. c. de formol (solution commerciale) pour 1 litre d'eau. On peut aussi placer l'épreuve dans une boîte fermée au fond de laquelle on a répandu quelques gouttes de formol commercial; après dix minutes, l'épreuve est mise à sécher sans lavages : la gélatine semble devenir un peu plus friable après ce traitement.

Lorsque les photocopies doivent être encadrées, on peut supprimer le second transfert à condition de faire le dépouillement sur le verre même du cadre; on colle sur ce verre, comme fond, soit un papier teinté, soit un papier rugueux, à gros grains, etc. Certaines épreuves gagnent à être traitées par ce moyen[3].

1456. Procédé à la gomme bichromatée. — L'ancien procédé de Poitevin utilisant l'action de la lumière sur la gomme bichromatée a été récemment remis en faveur.

On verse à la surface du papier un mélange fait par parties égales de deux dissolutions : A) eau, 100 c. c.; gomme arabique, 40 grammes; B) eau, 100 c. c.; bichromate de potasse, 10 grammes. La dissolution de gomme s'effectue à chaud, et avant refroidissement on verse la solution de bichromate dans celle de gomme préalablement filtrée sur mousseline; on ajoute à cette liqueur une couleur moite préparée pour l'aquarelle, telle qu'on la trouve dans le commerce. Il faut environ 1 gramme de matière colorante pour 20 c. c. de solution bichromatée. Le ton sépia s'obtient avec 3/4 de sépia et 1/4 de brun rouge; la sanguine avec 1/4 de sépia et 3/4 de brun rouge; les tons noirs s'obtiennent en utilisant l'encre de Chine de très belle qualité.

L'étendage de cette mixtion se fait à l'aide d'un blaireau fin et plat de 4 à 5 centimètres de large; on couvre vivement le papier à l'aide de cette solution et on passe à plusieurs reprises le blaireau jusqu'à ce que la couche soit uniforme ou à peu près telle. Le papier Canson à gros grains et fortement collé est celui qui fournit les meilleurs résultats. Après exposition sous un négatif, le dépouillement de l'image s'effectue avec de l'eau chauffée à 25 ou 27° C. On ne fait pas de double report, ce qui exige une détermination exacte de la durée d'insolation si l'on veut conserver toutes les demi-teintes de l'image[4].

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 297. — 2. *Ibid.*, 1895, p. 388. — 3. *The Photographic Times*, n° 668. — 4. *Bulletin du Photo-Club de Paris*, 1894.

La dissolution de gomme à 40 % ne doit pas pénétrer le papier. La couche sèche doit avoir le brillant de la gomme; mais si la surface est trop brillante, c'est qu'il y a trop de gomme et la couleur s'enlèvera avec elle. De la quantité de gomme dépend anssi la grosseur du grain de l'image; beaucoup de gomme donne un grain intense. On emploiera donc beaucoup de gomme pour le papier destiné à imprimer des paysages et peu de gomme pour celui qui doit servir pour les photocopies de portraits; il y a lieu de remarquer que si l'on emploie trop peu de gomme on aura des ombres empâtées.

Le séchage du papier doit être fait à chaud, sinon la couleur disparaîtra au lavage, et l'insolation doit être faite aussitôt que possible après le séchage; la durée d'exposition doit être appréciée très exactement à l'aide d'un photomètre. Le dépouillement doit être commencé à l'eau froide, et l'on change cette eau jusqu'à ce que celle qui s'écoule soit incolore; on prend alors de l'eau de plus en plus chaude et on s'aide du pinceau pour le dépouillement de l'épreuve.

On obtient des images très fines en préparant le papier d'après le procédé indiqué par le Dr Mallmann[1]. Il remplace la solution de gomme à 40 % par une solution de gélatine au même titre. Mais un liquide renfermant 40 % de gélatine fait prise trop rapidement pour que la couche puisse être étendue d'une manière uniforme à la surface du papier; il faut, pour réussir, ajouter une substance qui, sans influer sur la sensibilité de la gélatine bichromatée, enlève à la gélatine son pouvoir de coagulation. Dans ce but, on remplace la solution de gomme par le mélange suivant : eau, 1,000 c. c.; gélatine, 400 grammes; hydrate de chloral, 250 grammes. Le papier préparé par ce procédé est dépouillé à l'eau chaude. L'addition d'une petite quantité de potasse à cette eau chaude facilite l'opération. Un arrosage avec de la bouillie de sciure permet d'obtenir des lumières très vives.

M. Demachy[2] a indiqué l'emploi de la gomme acide comme permettant d'obtenir très facilement les demi-teintes, ce qui n'a pas toujours lieu quand on se sert de gomme arabique neutre. Il emploie un mélange fait par parties égales d'une solution d'acide citrique à 10 % et d'une solution de gomme arabique ordinaire à saturation. Ce mélange est utilisé en place de la solution de gomme ordinaire.

Cette gomme peut d'ailleurs être remplacée, comme l'avait indiqué

1. *Wiener photographische Blaetter*, 1896, nos 4, 7, 10. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 51.

Poitevin, par d'autres substances, telles que divers mucilages : celui de graines de lin fournit de bons résultats. La dextrine, l'amidon, ont été indiqués comme permettant d'obtenir, par leur mélange avec le bichromate, des couches sensibles à la lumière.

Le procédé à la mixtion de gomme bichromatée étendue directement sur papier est d'une exécution un peu délicate et présente des difficultés assez sérieuses dans l'appréciation du temps de pose : les demi-teintes les plus délicates sont à la surface de la couche et sont souvent entraînées lors du dépouillement de l'image.

Sous ce rapport, le procédé à la gomme par saupoudrage (III, **652**) est d'un maniement plus facile, et permet, de plus, des retouches locales, difficiles à exécuter quand on utilise le procédé direct.

§ 4. — Procédés divers.

1457. Emploi des sels de fer, de cuivre, d'urane. — Les photocopies obtenues sur papier salé ou sur papier au gélatino-bromure d'argent peuvent être virées à l'aide des sels de fer ou de cuivre. On obtient des tons bleus en plongeant l'épreuve dans un bain de 1 gramme d'oxalate ferrique, 1 gramme de ferricyanure de potassium et 2 litres d'eau ; on arrête l'opération aussitôt que la teinte désirée est obtenue. On peut virer ces épreuves à la teinte violette en employant un sel de cuivre dissous dans une solution de carbonate d'ammoniaque. On fait dissoudre 10 grammes de sulfate de cuivre dans 1 litre d'eau et on ajoute une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque jusqu'à ce que le précipité d'abord formé soit redissous ; l'épreuve virée au bleu est plongée dans ce bain qui fait passer l'image au violet. Si l'on désire des images de teinte rouge, on ajoute 2gr50 de ferricyanure de potassium à 100 c. c. de cette solution : les tons rouges obtenus par ce moyen sont des plus remarquables[1].

Le mélange des sels d'urane et de cuivre fournit des épreuves d'un beau rouge. On mélange dans une petite quantité d'eau 72 grammes de nitrate d'urane et 20 grammes de nitrate de cuivre, on neutralise la solution avec une petite quantité de carbonate de soude, on ajoute ensuite de l'eau, de manière à obtenir le volume de 1 litre. Sur ce bain, placé dans une cuvette de porcelaine, on fait flotter du papier recouvert de gélatine ou d'arrow-root durant une ou deux minutes, on laisse sécher dans l'obscurité, on imprime sous un négatif jusqu'à ce que l'image soit bien visible, on développe dans une solution à 8 % de ferrocyanure de potassium et l'on fixe par un lavage suffisamment prolongé : la teinte de l'image est d'un beau rouge. On obtient des colorations sépia en neutralisant la solution d'urane et de cuivre avec de l'ammoniaque et employant un bain révélateur à 2 % de ferrocyanure[2].

1458. Emploi des sels de manganèse, de cobalt, de cérium. —

1. *The Photogramme*, avril, 1896. — 2. *The Saint-Louis and Canadian Photographer*, 1892, n° 6.

MM. Lumière[1] ont constaté que la solution de chlorhydrate de paramidophénol, donne, avec les sels de manganèse, des images intenses, dont les demi-teintes claires présentent une coloration jaune que l'on peut éliminer en ajoutant au bain développateur une petite quantité d'acide chlorhydrique; cette quantité ne doit pas dépasser 1 % du volume total du bain (A, **1207**). Avec l'aniline en solution alcoolique étendue d'eau et avec ses sels, on a des images vert pâle dont la teinte s'accentue par addition de 5 % d'acide chlorhydrique; les images virent au violet par addition d'ammoniaque. La naphtylamine α se comporte comme l'aniline; elle ne fonctionne bien qu'en solution très acide, en fournissant des épreuves bleues que l'ammoniaque fait virer au rouge. On peut d'ailleurs mélanger ces diverses substances en proportions différentes pour obtenir des teintes très variées.

L'oxalate cobaltique peut servir à la production d'images photographiques (A, **1208**). MM. Lumière[2] le préparent en précipitant un sel cobalteux (sulfate ou chlorure) par une solution de peroxyde de sodium en excès. Le précipité bien lavé est traité dans l'obscurité par une solution froide et saturée d'acide oxalique : il faut que la liqueur contienne un excès de peroxyde de cobalt; on laisse en contact pendant quelques heures, puis on filtre la liqueur dans une cuvette; on fait flotter à la surface de ce liquide des feuilles de papier recouvertes d'un encollage à la gélatine, on sèche dans l'obscurité et on expose sous un négatif. La durée de l'exposition à la lumière n'est qu'une faible fraction de celle nécessaire pour l'obtention d'épreuves aux sels d'argent sur papier albuminé. La couleur du papier passe du vert au rose, la lumière réduisant le sel cobaltique vert à l'état d'oxalate cobalteux rose. Lorsque l'exposition est jugée suffisante, on immerge l'épreuve sans lavages dans une solution à 5 % de ferricyanure de potassium. Le sel de cobalt, ramené à l'état de sel au minimum dans toutes les parties frappées par la lumière, donne du ferricyanure cobalteux insoluble dans l'eau, tandis que le sel cobaltique non altéré par la lumière ne donne pas de précipité. On lave pour enlever l'excès de ferricyanure ainsi que le sel cobaltique; on obtient une épreuve rouge, peu intense, que l'on traite par une solution de 10 à 20 grammes d'un sulfure alcalin dans 1 litre d'eau : l'image passe au noir; on lave et on laisse sécher. Les sulfures alcalins peuvent être remplacés par divers sels métalliques. Le sulfate de fer donne des épreuves bleues et le sulfate de nickel des épreuves rouges, par suite de la formation de ferricyanure de fer ou de nickel.

Les sels cériques sont réduits par la lumière, mais la solubilité de ces sels est relativement faible, de là un obstacle à leur emploi en photographie. Si l'on traite l'épreuve obtenue par les sels de cobalt (ferricyanure cobalteux) par un sel cérique, il se forme un ferricyanure cérique qui est insoluble et qui possède des propriétés très oxydantes, de sorte que, après le traitement par ce sel cérique, on peut faire réagir sur l'épreuve des amines ou des phénols et former des matières colorantes. Le chlorhydrate d'aniline, par exemple, donne des épreuves noir verdâtre qui virent au rouge par l'ammoniaque; avec la naphtylamine α, les épreuves sont bleu violacé et deviennent violet rouge par les alcalis[3].

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 106. — 2. *Ibid.*, 1893, p. 372. — 3. *Ibid.*, pp. 198, 373.

1459. Composés diazoïques. — On peut obtenir des images photographiques à l'aide des composés diazoïques, en utilisant deux réactions différentes : 1° le composé diazoïque, fixé sur un support quelconque, peut être exposé à la lumière sous un positif : l'image se développe par un traitement convenable avec un phénol ou une amine; 2° le composé diazoïque est exposé sous un négatif, et son produit de décomposition (par exemple le naphtol, lorsqu'on s'est servi de la diazonaphtaline), est développé par la combinaison avec un dérivé diazoïque d'une manière analogue à celle employée généralement pour la préparation des matières colorantes azoïques (**A, 1210**).

1460. Impressions photographiques sur marbre. — On recouvre une plaque de marbre blanc non polie avec une solution composée de 500 c. c. de benzine, 500 c. c. d'essence de térébenthine, 50 grammes d'asphalte et 5 grammes de cire pure. Lorsque cet enduit est sec, on l'expose sous un négatif, pendant vingt minutes, à la lumière du soleil. On développe avec de l'essence de térébenthine ou de la benzine et on lave abondamment à l'eau pure; on recouvre toutes les parties qui doivent rester blanches avec une solution alcoolique de gomme laque, puis on immerge le bloc dans une solution colorée. Lorsque la matière colorante a suffisamment pénétré les pores du marbre, on le retire de la dissolution et l'on procède au polissage : l'image colorée apparaît dans tous ses détails.

BIBLIOGRAPHIE.

COLSON (R.). — *Les Papiers photographiques au charbon.*
EDER (Dr J.-M.). — *Der Pigmentdruck und die Heliogravure.*
FISCH. — *La Photographie au charbon.*
MATHET (L.). — *Le Procédé au charbon.*
ROUILLÉ-LADEVÈZE. — *Sépia-Photo et Sanguine-Photo.*

CHAPITRE III.

IMPRESSIONS PHOTOMÉCANIQUES.

§ 1. — PHOTOCOLLOGRAPHIE.

1461. Photocollographie sur pellicules de gélatine. — M. A. Tournois[1] utilise les feuilles de gélatine que l'on trouve dans le commerce sous le nom de gélatine blanche mate en feuilles de 50×65 centim. On coupe une de ces feuilles de telle sorte que ses dimensions soient supérieures à celles du négatif, on la plonge dans l'eau et on la retire de la cuvette en l'appliquant sur une feuille de verre ou d'ébonite; si la température est un peu élevée on emploie, au lieu d'eau pure pour effectuer cette opération, un mélange d'eau et de glycérine. On sensibilise en étendant avec un blaireau à la surface de la plaque une solution de 5 grammes de bichromate d'ammoniaque pour 100 c. c. d'eau; on doit badigeonner régulièrement la surface de la gélatine en employant peu de bichromate si le négatif à reproduire présente de fortes oppositions et un excès de cette liqueur si le négatif est gris; on laisse sécher dans l'obscurité et on sépare du verre. La pellicule ainsi sensibilisée est exposée derrière un négatif entouré d'un cache en papier noir, et l'on surveille la venue de l'image en soulevant la pellicule et l'examinant rapidement à une faible lumière. L'insolation est terminée quand tous les détails de l'image sont bien visibles.

On insole le revers de la couche dans le châssis-presse en interposant entre le recto de la pellicule et le volet du châssis-presse une feuille de papier noir mat. La durée de cette seconde insolation est de cinq à quinze minutes; si on la prolonge trop, les images obtenues sont grises.

La pellicule, pour être encrée facilement, doit être fixée sur une glace. Dans ce but, on emploie une feuille de gélatine préalablement immergée dans une dissolution de sulfocyanure d'ammonium à 10 °/₀ : l'immersion doit être prolongée pendant quelques secondes pour que les deux faces de la pellicule deviennent visqueuses; on fait adhérer l'une des faces à la glace et on applique la pellicule insolée sur l'autre face; on provoque l'adhérence en faisant passer plusieurs fois le rouleau et l'on mouille la couche en versant au centre et étendant avec le doigt sur toute la surface une quantité suffisante d'un liquide contenant 100 c. c. d'eau, 50 c. c. de glycérine et 10 à 14 c. c. d'ammoniaque. La surface de la planche doit être uniformément

1. *La Photocollographie pour rien.* Charaire, à Sceaux, 1896.

mouillée par ce liquide pendant une dizaine de minutes ; avec une éponge douce on lave la couche au-dessus d'une cuvette d'eau, de façon à enlever tout le bichromate : la pellicule peut d'ailleurs retenir une petite quantité de cette substance sans que cela soit nuisible. La couche doit être légèrement tannée en passant sur la pellicule, pendant quelques secondes, un bain de 5 grammes d'alun *de chrome* dans 100 c. c. d'eau ; on lave de nouveau, et après ce traitement la planche peut fournir des blancs éclatants.

On l'encre avec les encres fines du commerce en se servant d'un rouleau de gélatine. Si l'insolation a été suffisante, les noirs apparaissent et l'image se dessine. On pose sur la pellicule un cache en papier mince et résistant, imbibé de stéarine, destiné à réserver les marges; on place par-dessus le papier à imprimer et on passe plusieurs fois sur le papier un rouleau en caoutchouc en augmentant peu à peu la pression. On donne les premiers coups de rouleau en commençant par le centre pour éviter les boursouflures du papier; on retire le papier en le soulevant par deux angles, on enlève le cache en le soulevant par deux coins opposés et on encre de nouveau. Le papier doit être fortement satiné; le papier *couché* des lithographes est celui qui convient le mieux.

Si la pellicule semble refuser l'encre, cela indique qu'elle renferme trop d'humidité ou que la durée d'insolation a été insuffisante. Dans le premier cas on applique une feuille de papier écolier à la surface de la couche, on passe le rouleau en caoutchouc et on encre de nouveau. Si certaines parties de la couche restent trop blanches, on tire une épreuve et on verse immédiatement après sur la couche une solution de bichlorure de mercure à 5 % d'eau; on laisse séjourner ce bain à la surface de la couche, suivant l'effet à produire. En prolongeant l'action de ce bain l'image devient grise ; enfin, si l'encre prend partout et si les blancs ne veulent pas se dégorger, malgré le passage rapide et répété du rouleau, on nettoie la pellicule en la frottant avec une éponge imbibée d'eau et d'essence de térébenthine, puis avec une éponge propre imbibée d'eau ; on mouille de nouveau et on encre. Si malgré ce traitement l'encre prend partout, on frotte la surface avec une éponge imbibée d'une certaine quantité d'ammoniaque.

Quand le tirage est terminé, on nettoie la planche, on fait tremper dans l'eau le bloc portant la pellicule, on change l'eau plusieurs fois et on laisse sécher pendant vingt-quatre heures : la pellicule se détache du bloc en la soulevant par un coin ; on la conserve sous pression dans un châssis à imprimer.

Au lieu d'utiliser les feuilles de gélatine, M. Warnerke emploie le papier parchemin recouvert de gélatine[1]. M. Tranchant[2] utilise les papiers gélatinés au chlorure d'argent tels que celui de Lumière. Ces diverses pellicules sont collées sur un support solide à l'aide de vernis au caoutchouc, gélatine, silicates alcalins, etc. Tous ces procédés sont en réalité des variantes de celui qu'a fait connaître Marion (**I, 735**); ils ne sont utilisables que lorsqu'il s'agit d'imprimer un petit nombre d'épreuves.

1462. Modifications aux procédés usuels. — M. Wethermann a

1. *Phot. Wochenblatt*, 19 mars 1891. — 2. *La Photocollographie simplifiée*. Desforges, éditeur.

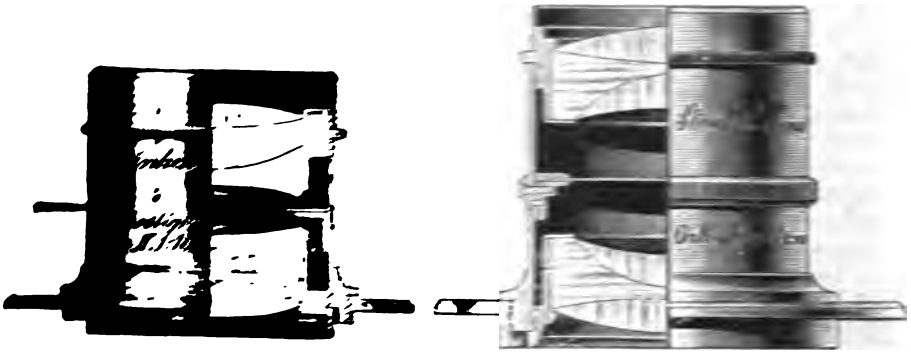


Fig. 147.

produit un objet à la chambre noire doit, dans tous les cas, présenter une netteté aussi grande aussi bien au centre que sur les bords. On obtient cette netteté en usant d'objectifs et de chambres noires spéciales.

Objectifs. Les objectifs doivent être aussi exempts que possible d'astigmatisme. Les bons anastigmats seront donc utilisés avec avantage, et comme la durée du temps de pose n'a pas en général une très grande importance, on se servira de grands angulaires anastigmatiques, tels que ceux de Berthiot Lacour, Goerz, Steinheil, Voigtlaender, etc. (**1329**).

Steinheil a terminé tout récemment la construction d'un orthostigmat

1. *Phot. Chronik*, 1896, p. 104. — 2. Voir *Phot. Nachrichten*, 1892, p. 591; *Phot. Correspondenz*, 1896, p. 286; Eder, *Jahrbuch*, 1897, pp. 13, 446, 491.

1 : 10 spécialement destiné aux reproductions. Cet orthostigmat est du type II, c'est-à-dire qu'il est constitué par deux combinaisons triples (*fig. 192*) formées par un ménisque convergent placé entre une lentille biconvexe extérieure et une lentille biconcave intérieure. Ces deux lentilles possèdent toutes deux un pouvoir de réfraction plus grand que celui du ménisque convergent placé entre elles, tandis que dans le type I (*fig. 193*)

Orthostigmat Stenheil 1 : 10, type II.

NUMÉROS.	DIAMÈTRE des LENTILLES	FOYER	DIMENSIONS DE L'IMAGE POUR		
			REPRODUCTIONS grandeur égale $f/20$-$f/40$	INSTANTANÉS à toute ouverture $f/10$.	PAYSAGES, intérieurs $f.40$-$f/80$
	millim.	millim.	centimètres.	centimètres.	centimètres.
7	35	300	40 × 50	21 × 27	30 × 40
8	45	400	50 × 60	26 × 34	40 × 50
9	58	500	60 × 70	30 × 40	50 × 60
10	70	600	70 × 80	35 × 45	60 × 70
11	87	750	80 × 90	40 × 50	70 × 80
12	105	900	90 × 100	50 × 60	80 × 90

les moitiés triples du système symétrique se composent d'une lentille biconcave collée entre une lentille biconvexe et un ménisque positif. Ces nouveaux orthostigmats peuvent être employés pour l'obtention de négatifs

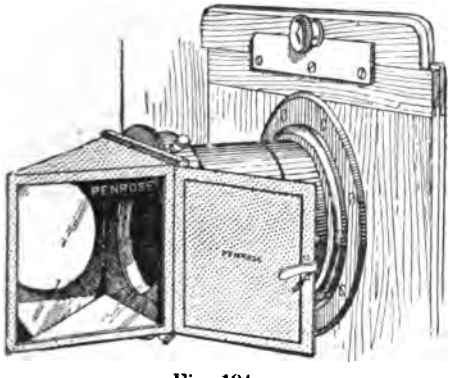


Fig. 194.

Fig. 195.

instantanés, grands portraits, etc. Lorsqu'on les utilise pour reproduction, ils remplacent avantageusement les anciens aplanats grand angulaire du même constructeur; ils sont en effet plus lumineux, de telle sorte qu'on peut réduire considérablement le temps de pose, ce qui est précieux pour les reproductions qui nécessitent l'emploi de la trame et pour les phototypes

destinés aux tirages en couleur. Les montures sont établies avec diaphragme à vannes, ce qui permet l'utilisation de diaphragmes à ouvertures non circulaires, comme l'exigent les procédés dans lesquels on emploie des réseaux.

Les phototypes doivent être retournés afin que l'image définitive obtenue par phototypographie soit conforme à l'original. Si l'on ne veut pas enlever le phototype de la glace qui lui sert de support, il est indispensable d'employer soit un prisme placé avant l'objectif (*fig. 194*), soit un miroir disposé à 45° sur l'axe de l'objectif et derrière ce dernier (*fig. 195*).

Les diaphragmes sont de forme variable suivant la nature du sujet à reproduire et suivant le réseau employé.

Chambres noires. — Les chambres noires utilisées dans les procédés de

Fig. 196.

phototypographie doivent présenter une très grande stabilité et fonctionner avec la plus grande précision. Lorsque l'on imprime par le procédé en couleurs, il est en effet indispensable que les négatifs soient de dimensions rigoureusement identiques, ce qui est souvent difficile à obtenir avec les chambres noires ordinaires. Les modèles spéciaux de Gilles frères, Anthony, Penrose, etc., permettent d'atteindre ce résultat. Des appareils très pratiques sont mis en vente par Penrose à Paris. Les chambres noires pour l'emploi des trames, réseaux, linéatures, etc., sont en acajou imperméabilisé et verni (*fig. 196*); l'épaisseur des bois est plus grande que dans les chambres ordinaires, et la rigidité des ajustages est assurée grâce à de nombreuses pièces métalliques. Le soufflet de peau est soutenu en son milieu par un cadre qui empêche toute déformation, soit que l'on utilise les objectifs à court ou à long foyer. Les mouvements du corps d'arrière et du corps d'avant sont commandés, du côté de la glace dépolie, par des volants actionnant des crémaillères ou des vis sans fin. Dans ces divers mouvements nécessaires pour la mise au point, les parties mobiles de la chambre glissent

sur rails d'acier poli fixés sur la base rigide de l'appareil. On voit sur le côté de la figure le levier de mise au point de la partie arrière (*fig. 197*). La partie antérieure porte une planchette à objectif mobile entre des rainures

Fig. 197.

verticales et susceptible d'être fixée d'une façon absolument stable. Le châssis se loge à la partie postérieure (*fig. 198*).

Pour les procédés de phototypogravure à demi-teintes, dans lesquels on

Fig. 198.

emploie une trame ou réseau tracé sur glace qui doit se trouver à distance convenable de la plaque sensible, distance qui varie avec la nature du sujet à photographier, le châssis est muni d'un récepteur de trame et de

plaque sensible. L'un des meilleurs systèmes est celui construit par Penrose (*fig. 199 et 200*), dans lequel le mouvement du porte-trame s'effectue régulièrement à l'aide d'une vis très sensible manœuvrée par un volant extérieur qui indique exactement à chaque instant la distance à laquelle la trame se trouve de la plaque sensible. Le parallélisme avec celle-ci est complet pendant toute la course du porte-trame. La mise au point se fait sur une glace dépolie placée dans le châssis, dont le rideau se retire complètement. La glace dépolie occupe exactement la rainure contre laquelle viendra s'appuyer la plaque sensible; au centre de cette glace se trouve collé au

Fig. 199.

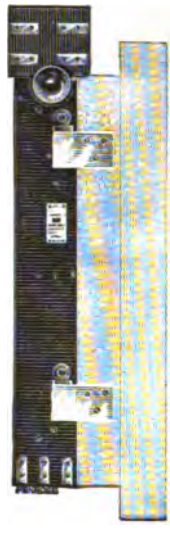


Fig. 200.

baume un couvre-objet d'environ 0m025 de côté, de très faible épaisseur, et qui permet la mise au point de la trame sur l'image aérienne.

L'emploi d'un tel porte-trame, mécaniquement ajustable, est des plus pratiques. M. Gravier[1] emploie un châssis construit par Mackenstein, dans lequel la mise en place de la trame se fait à l'aide d'un plan incliné. Ce dispositif est préférable à celui qui consiste à éloigner l'écran de la plaque sensible en interposant entre ces deux plans des cadres de carton d'épaisseurs différentes, coupés d'avance, et que l'on emploie soit séparément, soit en les combinant, pour obtenir des écartements plus grands.

Dans les procédés de phototypogravure, il y a intérêt à posséder des glaces quadrillées à des angles différents. En plaçant les intermédiaires dans trois directions (*fig. 201*), on obtient ces quadrillés à angles différents. On peut aussi obtenir ces trames à des angles quelconques en se servant de porte-modèle rotatif (*fig. 202*). Ce cadre, construit par Penrose, mesure environ 87 centimètres de côté. Un plateau rond, parfaitement

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, pp. 576, 588.

ajusté au tour, reçoit les cadres intermédiaires pour diapositifs; en faisant tourner le plateau, la trame restant fixe dans la chambre noire, on obtient le quadrillé aux angles voulus pour un bon tirage en couleurs.

Fig. 201.

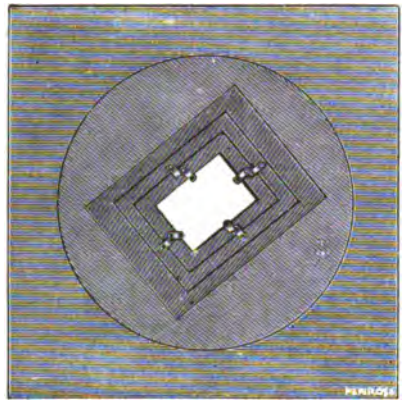


Fig. 202.

Quand l'atelier (dans lequel se font les phototypes destinés à produire les clichés phototypographiques) est situé à un rez-de-chaussée, on installe

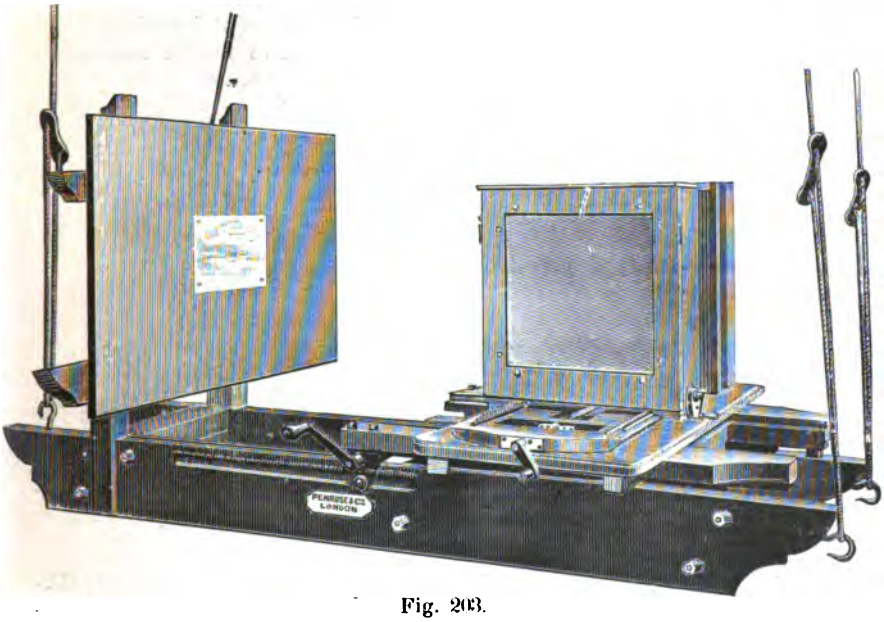


Fig. 203.

sur des piliers de béton solidement fondés des rails sur lesquels se déplace le pied de la chambre noire qui doit être aussi massif et aussi solide que

possible. S'il y a lieu de craindre les vibrations provenant soit du voisinage de machines, de chemin de fer ou d'une rue très passante, il y a lieu de suspendre à de fortes poutres au-dessus du plafond la chambre noire et la planche-chevalet à modèle. Un dispositif pratique (*fig. 203*) a été établi

Fig. 204.

par Penrose : il consiste en un cadre en bois très sec, de 5 à 6 mètres de long, supporté par des cordes et crochets qui amortissent les vibrations; un système de crémaillères permet de faire avancer et reculer facilement

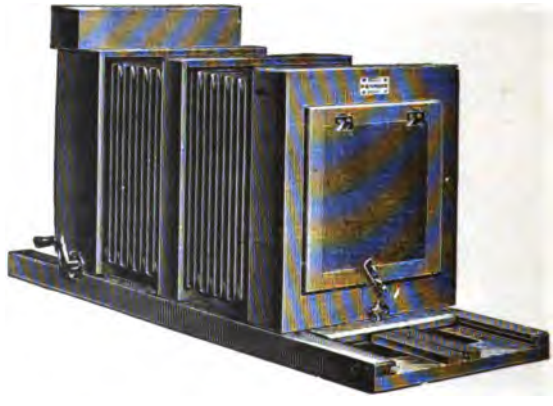


Fig. 205.

la chambre sur sa base qui marche sur rails d'acier, assurant un parallélisme complet. La chambre repose sur plaque tournante permettant d'opérer soit directement, soit avec prisme ou miroir, l'axe de l'objectif étant dans une direction perpendiculaire à celle de l'axe de ce pont suspendu. Le

chevalet porte-modèle est muni de vis pour rectifier tout défaut de parallélisme qui pourrait se produire par des causes imprévues.

Lorsque la chambre noire est destinée à fournir des phototypes de reproduction de traits, on peut employer des modèles de construction plus simple comme mécanisme (*fig. 204 et 205*), mais dans laquelle le parallélisme de la partie antérieure et de la partie postérieure est rigoureusement assuré. Dans ces diverses chambres noires, au lieu d'intermédiaire, on em-

Fig. 206.

ploie deux planchettes mobiles (*fig. 206*) qui maintiennent la glace par les bords, ce qui a permis de supprimer le ressort du châssis qui déforme toujours la glace.

1464. Phototypes à demi-teintes. — L'impression typographique ne peut fournir que des blancs et des noirs et non des demi-teintes *continues*, identiques à celles qui existent sur un phototype négatif ou une photocopie aux sels d'argent. Pour obtenir un résultat analogue à celui qui est fourni par les images en demi-teintes continues, on passe par la *discontinuité* de

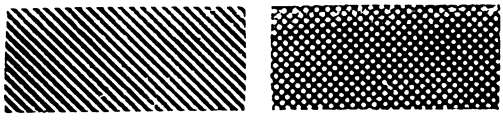


Fig. 207.

l'image, et cette discontinuité est obtenue en plaçant un *réseau* ou *trame* entre l'objectif et la plaque sensible au moment de la production du phototype. Si l'on se sert d'un réseau formé de lignes se coupant à angle droit et que l'on examine un phototype *tramé*, on constate que les grands clairs sont reproduits par un pointillé très fin, les demi-teintes par une sorte de damier présentant des carrés noirs et blancs de même dimension, et les parties les plus foncées par un pointillé blanc sur fond noir, les points blancs étant d'autant plus petits que la teinte est plus noire, pour arriver au noir absolu. Cette observation est facile à faire si la distance du réseau

à la plaque sensible est convenable : cette distance varie avec la dimension des traits, la distance focale de l'objectif, le diamètre et la forme de l'ouverture du diaphragme. En admettant que le phototype soit correctement obtenu, ce phototype sera constitué par une série d'espaces blancs et noirs, plus ou moins rapprochés, plus ou moins éloignés, et qui, d'après leurs distances relatives, présenteront, lorsqu'on les examinera à la distance de la vision distincte, l'aspect de teintes plus ou moins foncées; mais ces plages étant constituées par du noir et du blanc pourront être imprimées par les procédés de la typographie.

La production d'images phototypographiques à demi-teintes comprend donc trois phases : 1° préparation du phototype; 2° transformation de ce phototype en cliché ou planche typographique; 3° impression de ce cliché.

1° Le phototype spécial s'obtient par l'interposition d'un réseau entre l'objectif et la plaque sensible. Cette plaque sera préparée soit par le procédé du collodion humide, du collodion sec ou du collodion-bromure. Les plaques ainsi préparées fournissent des images plus fines et présentent plus d'opposition que celles obtenues par l'emploi du gélatino-bromure. Les réseaux que l'on utilise sont obtenus soit en réduisant à la chambre noire des *linéatures* (*fig. 207*) (lignes tracées sur papier couché du format 40 × 50), soit en gravant sur verre, à l'aide de la machine à diviser, des traits plus ou moins rapprochés et parallèles. La dimension des mailles du réseau doit varier avec la grandeur de l'épreuve. Ces mailles sont obtenues par la réunion, au moyen de baume de Canada, de deux glaces lignées à la machine à diviser et dont les traits se croisent à angle droit. Depuis peu de temps la maison Max Lévy, de Philadelphie, livre des réseaux à quatre lignes, deux grosses et deux plus fines, agissant comme deux réseaux d'épaisseur différente dont les traits seraient à 45°. Dans les grands clairs, le fin ligné disparaît complètement, ce qui augmente le modèle. Les trames de Wolff (de Dayton, Ohio) et celle de Berthauld à Paris donnent de très bons résultats.

M. Féry [1] a indiqué comment on peut déterminer théoriquement la meilleure distance de la trame à la plaque sensible : soit a la distance de deux traits, f la distance focale de l'objectif et D le diamètre du diaphragme; la distance e sera

$$e = \frac{af}{3D}.$$

Si l'on emploie le diaphragme normal $f/10$ et un réseau de 50 traits au centimètre,

$$e = 0^{mm}3.$$

On peut augmenter la valeur de e en augmentant le rapport f/D, c'est-à-dire en utilisant un plus petit diaphragme. Dans la pratique, on commence par mettre au point l'original à reproduire, sans tenir compte de la trame, puis on munit l'objectif du diaphragme nécessaire; on manœuvre ensuite la trame en examinant, à l'aide d'une forte loupe, l'image aérienne qui se forme au centre du verre dépoli, sur le couvre-objet collé contre le dépoli. Si la trame apparaît en quadrillé, elle est trop près et il faut aug-

1. *Comptes rendus*, 1er avril 1895.

menter la distance; la position exacte de la trame est obtenue quand on voit dans chaque carré transparent une croix noire. On remplace alors la glace dépolie par la plaque sensible que l'on fait poser à la façon habituelle; mais la présence du réseau augmente beaucoup la durée du temps de pose; aussi dans la pratique, s'il s'agit d'un sujet animé, on commence par faire un négatif ordinaire, de ce négatif on tire un positif, et c'est ce positif que l'on reproduit en négatif à la chambre noire munie du réseau. En général, il vaut mieux surexposer la plaque pour laisser se produire la diffusion des trames.

La plaque sensible est généralement préparée par le procédé du collodion humide; on développe soit au sulfate de fer, soit à l'acide pyrogallique (**II, 288**). On examine si dans les grandes lumières les petites taches lumineuses forment une sorte de damier. Si elles sont très espacées, le négatif est sous-exposé et il est à rejeter; si elles sont bien venues, on lave, on fixe au cyanure et l'on renforce jusqu'à ce que les petits carrés se joignent, ce qui peut ne pas se produire si la trame était trop rapprochée de la plaque sensible. L'un des meilleurs renforçateurs est celui au bromure de cuivre.

Plusieurs opérateurs divisent la durée de la pose en deux phases : ils commencent par poser avec petit diaphragme, en mettant devant l'original une feuille de papier blanc : la pose est suffisamment prolongée pour former sur toute la surface de la glace sensible un point petit, mais assez dense; on ferme l'objectif, on remplace le diaphragme par un plus grand et de forme carrée, et on continue la pose sur l'original à reproduire.

2° La transformation du phototype en cliché s'effectue le plus souvent à l'aide du procédé connu sous le nom de *procédé émail*[1]. Il consiste à produire sur zinc ou sur cuivre une image à la gélatine bichromatée; cette couche de gélatine est alors carbonisée et forme à la surface de la planche un véritable *émail* constituant une réserve extrêmement résistante à l'action des divers acides qui jouent le rôle de mordants pour creuser le métal qui est soit du zinc, soit du cuivre.

Si l'on veut obtenir une planche sur zinc, le métal bien plané est nettoyé à la ponce en poudre impalpable et lavé à l'eau; on décape le métal en le plongeant dans une cuvette contenant : eau, 1,000 c. c.; acide nitrique, 30 c. c.; alun en poudre, 60 grammes : la plaque prend un aspect mat dans ce bain; on la lave et on la frotte avec un tampon de coton tout en la maintenant sous l'eau; on la fixe ensuite sur la tournette qui permettra d'obtenir une couche de solution gélatineuse très mince et d'épaisseur régulière.

Le cuivre est nettoyé à la ponce impalpable bien humide, frotté avec un tampon de feutre et immédiatement fixé sur la tournette.

La solution pour émaillage se prépare avec 25 c. c. de colle-émail que l'on trouve dans le commerce, 30 c. c. d'albumine et 60 c. c. de solution de bichromate d'ammoniaque à 4 %.

On peut aussi se servir de colle forte blonde à la condition de la modifier de façon à ce qu'elle ne fasse pas prise à la température ordinaire. On obtient ce résultat en faisant gonfler 500 grammes de colle forte dans 800 c. c. d'eau, on fait fondre au bain-marie, puis en remuant à l'aide d'un

1. *Practical Photographer*, avril 1893.

agitateur, on ajoute 125 c. c. d'ammoniaque. La dissolution est versée dans un ballon de verre de la contenance de 2 litres, plongé complètement dans un bain-marie maintenu à l'ébullition; on maintient l'ébullition pendant environ une heure; l'opération doit être prolongée jusqu'à ce que, prélevant quelques gouttes de liquide gélatineux et le plaçant sur un marbre, le liquide ne se prenne plus en gelée. On laisse refroidir, et lorsque la dissolution est froide on la coule sur des glaces talquées et collodionnées, mises de niveau dans un endroit sec : on obtient ainsi, après séchage, de fines écailles de colle modifiée se dissolvant rapidement dans l'eau. On prépare la solution pour émail avec 10 grammes de colle modifiée, 100 c. c. d'eau et 3 grammes de bichromate d'ammoniaque; il est bon de faire cette opération à chaud (35 à 40° C.) de façon à faciliter le filtrage. Cette couche d'émail, par suite de l'absence d'albumine, doit être cuite à une température ne dépassant pas 334°; la teinte n'est pas trop foncée. On doit retirer la plaque du feu au moment où un morceau de plomb placé à côté de la plaque entre en fusion. Si l'on veut cuire à haute température et avoir une couche d'émail très foncée, on emploiera 50 c. c. d'eau, 50 c. c. d'albumine des œufs, 5 grammes de colle forte modifiée et 3 grammes de bichromate d'ammoniaque.

Quelle que soit la formule adoptée, on verse la solution très limpide sur la plaque; on la rejette une première fois, de façon à laver la plaque à l'aide de ce liquide; on verse une seconde fois et l'on égalise en agissant sur la tournette. Il est bon de sécher à une douce chaleur. Quand la plaque est sèche, la couche doit être brillante et unie, sans apparence de taches rondes qui indiqueraient des portions de surfaces présentant une couche trop mince pour l'exécution de la morsure.

La plaque est exposée à la lumière sous un phototype tramé et retourné. Le contact doit être parfait entre la plaque et le négatif. La durée de l'exposition est à peu près la même que celle nécessaire à l'impression du même négatif sur papier albuminé. On suit les progrès de l'impression à l'aide d'un bon photomètre. Il est utile que la plaque soit assez grande pour laisser une marge de 2 centimètres autour de l'image à reproduire.

Au sortir du châssis-presse, la plaque est développée sous un robinet d'eau après l'avoir plongée dans une cuvette d'eau froide où elle s'imbibe pendant une ou deux minutes; on immerge ensuite la plaque dans une cuvette contenant 1 litre d'eau et 16 grammes de violet d'aniline; on la laisse dans ce bain jusqu'au moment où, retirant la plaque et soufflant à la surface de celle-ci pour chasser l'excès de liquide, l'image apparaît en violet sur le fond du métal. On peut aider au dépouillement de la plaque, lorsque la durée de l'insolation a été trop prolongée, en frottant avec un tampon de coton la surface maintenue sous le jet du robinet. Lorsque le réseau est complètement dépouillé, on lave, on passe à l'alcool et on fait sécher rapidement.

On procède alors à la cuisson de l'émail ou carbonisation. La plaque, placée sur un pied spécial, est chauffée, à l'aide d'un fourneau à gaz, jusqu'à la température de fusion du plomb. La couche sur zinc prend généralement une couleur bistre très foncée. Si l'on emploie la colle forte modifiée, cette coloration bistre ne se produit pas. Sur cuivre, la plaque prend presque toujours une teinte argentée; on arrête alors la carbonisation, on

fait refroidir sur un marbre, et l'on passe à l'opération de la retouche et de la morsure.

La retouche s'effectue avec un pinceau et de l'encre grasse; on repasse sur cette encre avec un burin, de façon à ce que les lignes soient recoupées pendant la morsure. Cette retouche est surtout utile dans les places où la teinte est moins intense. Les poussières qui ont adhéré à la surface pendant la préparation provoquent la formation de ces taches. La planche est ensuite entourée d'un filet carré ou ovale que l'on trace à l'encre lithographique.

La morsure s'effectue après avoir recouvert l'envers de la plaque d'un vernis à la gomme laque. Si l'image est sur zinc, la morsure se fait dans un bain contenant 1 litre d'eau, 20 à 25 c. c. d'acide nitrique et 60 grammes d'alun en poudre. L'opération se fait en plongeant la plaque dans ce liquide placé dans une cuvette de porcelaine; la cuvette doit être fixée sur une balance-cuvette permettant d'agiter régulièrement le liquide. Pendant la morsure, qui peut durer 15 à 20 minutes, on passe à la surface de la plaque un blaireau très doux; cette opération doit être faite toutes les quatre minutes; on rince à l'eau et on tamponne avec un chiffon pour sécher.

Les planches de cuivre, recouvertes à l'envers de vernis à la gomme-laque, sont mordues à l'aide d'une dissolution de perchlorure de fer à 45° B. On chauffe cette dissolution jusqu'à la température de 30° : la durée de l'opération est de 6 à 8 minutes. On peut aussi faire la morsure à froid avec une solution de perchlorure de fer à 35° B. L'opération doit être continuée jusqu'à ce que les points dans les lumières soient devenus très fins. Pendant la morsure, on passe sur la plaque un blaireau très doux; ce nettoyage doit être fait toutes les deux minutes; on examine à la loupe les progrès de la morsure : lorsqu'elle est suffisante, on arrête l'action du mordant par un courant d'eau et l'on sèche en tamponnant avec un chiffon qui absorbe l'eau.

On charge alors un rouleau de gélatine avec de l'encre à vignettes, on encre le cuivre et on tire une épreuve. Si la planche manque de creux, si les blancs sont trop lourds, on nettoie la planche à l'essence de térébenthine, on rince la surface et on recommence la morsure après avoir fait les corrections nécessaires.

La couche d'émail qui reste sur la plaque après morsure est extrêmement résistante, il est inutile d'essayer de l'enlever; elle favorise d'ailleurs l'encrage régulier de la planche.

Le tirage des planches ou clichés ainsi produits diffère absolument du tirage des gravures sur bois ou des galvanos ordinaires. Vouloir se servir du même matériel et des mêmes produits pour les uns et pour les autres, c'est courir au-devant d'une foule d'insuccès. On peut admettre que les planches de cuivre ou de zinc produites par les nouveaux procédés de phototypogravure sont analogues à des pierres lithographiques qu'on aurait mis très fortement en relief. Le procédé de tirage doit donc être *lithotypographique*, si l'on peut s'exprimer ainsi. On emploiera des encres très chargées de matières colorantes, par suite très compactes, mais d'une distribution facile, ne déposant sur la forme que le minimum de matière colorante, de façon à ne pas boucher les creux provenant de la trame et par suite n'empâtant pas les gravures. Les machines doivent être parfaitement

nivelées, munies d'une distribution énergique et d'un très grand nombre de rouleaux. Ce nombre doit être au moins le double de celui des rouleaux des anciennes machines.

La touche n'a pas d'importance. Le rouleau effleure la forme, il ne *touche* pas ; il suffit qu'il soit élastique, résistant, qu'il ait du nerf et soit sans coutures. Quand on ne s'en sert pas, on le recouvre de corps gras non siccatifs.

Les encres doivent être très chargées de noir. Afin de pouvoir employer des encres aussi fortes que possible, les encriers sont chauffés par une rampe à gaz dès qu'il fait froid. La constance de température dans un atelier où l'on tire des clichés de phototypogravure est une des premières conditions de réussite. Une seconde condition réside dans l'emploi de machines parfaitement nivelées. Si le cliché est bien de niveau, il n'y a pas à faire de mise en train proprement dite. Le conducteur n'a qu'à interposer entre le bois et le cliché un découpage assez grossier, à fixer sur le cylindre une simple feuille de carton, et voici la mise en train terminée ; mais le collage doit être fait avec le plus grand soin, car le moindre grumeau de colle ferait trou dans le cliché. La pression ne doit pas être trop forte, afin d'éviter le foulage qui ferait plonger le papier[1].

Les impressions se font sur papier très fortement satiné ou sur papier couché de bonne qualité. Ce papier présente l'avantage de relever toute l'encre déposée sur la forme ; les impressions sont plus nettes, plus vigoureuses qu'en employant d'autres papiers. Le papier glacé de qualité ordinaire est cassant ; on l'assouplit en ajoutant à l'eau de trempage 5 pour 100 de glycérine.

L'emploi des plaques de zinc dans le procédé émail présente certaines difficultés provenant de la haute température à laquelle est porté le zinc. En se refroidissant, le métal prend une structure cristalline et la morsure met à nu ces cristaux ; de là productions d'une *gravure rugueuse*. Husnick a recommandé l'emploi du brome pour faire la morsure ; Turani[2] a préconisé la morsure à l'acide chromique faible, suivie d'un passage au bain ordinaire d'acide nitrique et alun. On peut éviter cet insuccès en opérant d'une autre façon. La plaque, recouverte d'albumine bichromatée, est séchée, exposée à la lumière, recouverte d'encre et dépouillée à l'eau. Lorsque l'eau est éliminée, on applique à la surface de la plaque du bitume en poudre impalpable qui adhère à l'encre, on enlève le bitume en excès, on porte la plaque à la température de fusion du bitume et on obtient ainsi une réserve solide, résistant fort bien à l'action des acides. Le bitume employé pour cette opération est un mélange obtenu par fusion de 60 parties de bitume de Judée pur, 25 parties de poix noire et 15 parties de résine. Ce mélange est fondu plusieurs fois, en agitant constamment et après fusion coulant sur une table de marbre. On broie finement ce mélange. La poudre ainsi obtenue est passée au tamis de soie le plus fin et conservée pour être appliquée sur l'image encrée. Il faut éviter de trop chauffer le bitume, qui en s'étalant pourrait boucher les vides existant entre les points.

1465. Phototypes ne présentant que des traits. — Lorsque l'image

1. Hascher, *Annuaire général*, 1896, p. 157. — 2. *Moniteur de la photographie*, 1897, p. 216.

à reproduire ne présente pas de demi-teintes, la production du cliché typographique est relativement facile. On peut employer le même procédé que celui qui sert à préparer les planches de sujets à demi-teinte avec la différence que l'emploi du réseau est supprimé : c'est la seule modification a apporter au procédé.

Les planches employées sont le plus souvent en zinc. Le chauffage nécessité par le procédé émail provoque, comme nous l'avons vu, la formation d'une *gravure rugueuse* que l'on évite par l'emploi de l'albumine bichromatée comme couche sensible et saupoudrage de l'image encrée. Le zinc est utilisé sous forme de plaques de $1^{mm}5$ à 2^{mm} d'épaisseur; le commerce le livre sous forme de métal *poli droit* et métal *poli rond*. C'est le *poli droit*, c'est-à-dire poli dans un seul sens, que l'on emploie pour les planches d'images au trait; le *poli rond*, obtenu avec une machine spéciale, est réservé pour les planches phototypographiques à demi-teintes. Depuis quelque temps, on emploie les plaques d'aluminium, qui s'attaquent très régulièrement sous l'action des acides.

La solution d'albumine bichromatée se prépare avec 60 c. c. d'albumine provenant du dépôt de blancs d'œufs battus en neige, 600 c. c. d'eau et 10 grammes de bichromate d'ammoniaque. Cette dissolution, soigneusement filtrée, est étendue sur le zinc, bien décapée, en observant les prescriptions indiquées plus haut. La plaque de zinc est fixée à la tournette, à laquelle on imprime une vitesse moyenne; une vitesse trop grande formerait une sorte d'étoile au centre de la plaque; on fait tourner pendant une demi-minute, on enlève la plaque de la tournette et on fait sécher à une chaleur modérée; on expose à la lumière sous le phototype aussitôt que la plaque est refroidie.

La durée de l'exposition au soleil est de deux à cinq minutes, suivant l'intensité du négatif. Ce procédé est avantageux à cause de la rapidité d'insolation qui est beaucoup plus courte que celle exigée par l'emploi du bitume de Judée (A, **1217**).

Après exposition à la lumière, la plaque est recouverte d'encre à report, éclaircie avec de la térébenthine rectifiée : la surface de la plaque doit être d'un gris foncé uniforme; on laisse évaporer la térébenthine et on plonge la plaque dans une cuvette d'eau propre; après quelques minutes, on frotte la surface insolée avec une touffe de coton, on lave la plaque, on fait sécher rapidement à l'aide d'une chaleur modérée et avec un pinceau doux, on applique la poudre de bitume (**1464**), on rejette l'excès de poudre qui pourrait amener la formation de points dans les blancs, on chauffe la plaque dans une étuve ou sur un réchaud en observant l'image : aussitôt que celle-ci devient brillante dans les noirs, c'est que la poudre entre en fusion; il faut alors la retirer du feu, laisser refroidir et faire les retouches avec l'encre lithographique ou toute autre encre grasse; on peut alors procéder à la morsure; l'impression se fait par les procédés usuels.

§ 3. — Photolithographie.

1466. Procédé par report. — Le procédé par report d'images à demi-teintes n'a pas encore donné de résultats pratiques : ce procédé consiste à imprimer sur papier de report une photocopie *tramée* et à reporter sur

pierre cette impression. Les résultats sont généralement défectueux : l'image est grise, sans vigueur, et si l'on essaie de monter en couleur, tout s'empâte. Le résultat est inférieur à celui que fournit la phototypographie; en outre, il est plus coûteux, et l'aspect des images est moins agréable que celui des lithographies les plus ordinaires.

On a essayé d'obtenir des images à demi-teintes présentant un aspect analogue à celui auquel l'œil est habitué dans le dessin lithographique. On prépare une trame ou réseau « à grain de résine » en grainant une glace transparente avec une poudre ténue de bitume et de noir d'ivoir. Ce grain se fait avec une boîte à grainer ordinaire; on porte à la température de 120° dans une étuve à air chaud pour fixer le grain. On fait un phototype en utilisant comme trame la glace ainsi grainée. Ce phototype sert à produire une planche photocollographique; cette planche, très peu mouillée, est fortement encrée avec de l'encre à report; on imprime l'image sur un papier fort, très satiné et collé. Le couchage se fait avec un empois très cuit, contenant 250 c. c. d'eau et 20 grammes d'amidon de maïs; après séchage, ce papier est passé plusieurs fois en pression. L'épreuve est tirée avec peu de pression de façon que le papier ne plonge pas; les retouches se font à la façon habituelle.

Le procédé par report sur pierre n'est guère employé que s'il s'agit de reproduire des phototypes d'images au trait; dans ce cas, on prépare une image à l'albumine bichromatée en sensibilisant le papier albuminé du commerce à l'aide d'un bain de bichromate de potasse à 5 % d'eau. La sensibilisation se fait par imbibition en plaçant le côté non albuminé du papier sur le bain de bichromate de potasse. Lorsque la face albuminée est colorée en jaune, on retire la feuille du bain et on la fait sécher dans le cabinet noir.

On imprime au châssis-presse le phototype d'image au trait. L'insolation est assez rapide; elle est à point quand l'image se montre en brun sur fond jaune au dos du papier : il suffit d'examiner le dos du papier sans observer la face albuminée. L'insolation étant faite, on recouvre la face albuminée du papier avec un mélange de noir à report délayé dans de l'essence mélangée d'un peu de vernis : on obtient ainsi une couche grise, légère et égale. Le papier est immergé dans l'eau; l'image est dépouillée de l'excès de noir en frottant sa surface avec un blaireau très doux. On lave à grande eau jusqu'à ce que la teinte du bichromate ait complètement disparu; on éponge l'image que l'on traite comme une épreuve à report ordinaire.

Au lieu de papier albuminé, on peut utiliser le papier gélatiné que l'on trouve dans le commerce; ce papier, sensibilisé dans un bain de bichromate et séché, est moins sensible à la lumière que le papier albuminé bichromaté.

1467. Procédés directs. — L'emploi des procédés directs sur pierre est à peu près abandonné aujourd'hui. On opère sur zinc qui présente l'avantage d'être moins cher et moins lourd que la pierre; le métal doit être très finement dépoli et bien décapé.

On recouvre le zinc du mélange bien filtré d'albumine et de bichromate. Pour éviter les poussières, il est bon de verser plusieurs fois l'albumine pour nettoyer la couche; on fait sécher dans l'obscurité et on insole sous un négatif « à grain de bitume », portant un tramé ou constitué par un négatif

d'image au trait. La durée de l'insolation est de une à cinq minutes en plein soleil. Aussitôt que l'insolation est terminée, on délaie un peu de noir à report avec quelques gouttes d'essence de térébenthine, et au moyen d'un tampon de coton imprégné de ce corps gras, on frictionne vivement la surface du zinc; on met la plaque dans l'eau et au bout de quelques minutes on lave sous un fort jet d'eau de façon à dépouiller tout le dessin; au besoin, on dégage les tailles les plus serrées en les frottant avec une houppe de coton et de l'eau gommée très limpide. Aussitôt que l'image est à point, on lave et on sèche rapidement; on porte peu à peu la température de la plaque à 100°, ce qui donne une grande solidité à la couche d'albumine. Comme il n'y a que des traces d'encre sur le dessin qui paraît gris clair, on n'a pas à craindre l'étalement du trait par suite du chauffage, ce qui aurait lieu si on avait passé le noir au rouleau.

La feuille de zinc refroidie est alors recouverte de la préparation à l'acide gallique. M. Stadeler[1] prépare la solution gallique avec un mélange de 15 grammes d'acide nitrique ordinaire, 15 grammes d'acide chlorhydrique et 15 grammes d'acide gallique placés dans une capsule de porcelaine; on agite le récipient jusqu'à ce que l'effervescence et le dégagement de vapeurs rutilantes soient complètement terminés. D'autre part, on fait fondre 70 grammes de gomme arabique dans 1 litre d'eau; après dissolution, on mélange les deux liquides obtenus, on filtre au travers d'un linge pour retenir les impuretés de la gomme et on ajoute à la préparation 10 grammes d'acide nitrique ordinaire : le zinc reste sous cette préparation jusqu'à ce qu'il semble se couvrir d'une boue jaunâtre; on lave la planche sous un courant d'eau énergique; au besoin, on frotte sa surface avec un blaireau ou du coton hydrophile, et finalement on le recouvre d'eau gommée : la planche ainsi préparée est livrée à l'imprimeur.

Comme papier servant à obtenir l'image photolithographique, M. W. D. Richmond[2] utilise le papier gélatiné fabriqué par la maison Van Monckhoven pour le double transfert du procédé au charbon. Ce papier est mince et convient fort bien pour ce procédé. On sensibilise au bain de bichromate et on sèche ce papier sur glace, comme dans le procédé au charbon; après insolation et encrage de ce papier, on le laisse sécher; la gélatine portant l'image est placée sur une feuille de papier sec; on passe l'éponge au dos du papier jusqu'à ce que la gélatine ait pu absorber assez d'eau sans que le relief s'accroisse trop, ce qui détruirait la finesse de l'image; la pierre sur laquelle se fait le transfert doit être complètement sèche et au besoin légèrement chauffée. Le transfert est posé à la surface du papier et le tout est soumis à l'action de la presse. On fait passer quatre ou cinq fois le rateau sans mouiller davantage. Le papier ne doit pas adhérer à la pierre, et, en soulevant un coin, on doit voir l'encre sur la pierre; on fait ensuite les retouches et l'on traite la pierre par les procédés usuels de la lithographie.

M. Cramer[3], de Saint-Louis, livre au commerce des plaques au gélatino-bromure spécialement préparées pour les travaux de photolithographie et

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1893, p. 296. — 2. *Photographic Journal*, 1897, et *Moniteur de la photographie*, 1897, p. 243. — 3. *Moniteur de la photographie*, 1897, p. 247.

de phototypogravure; ces plaques fournissent des négatifs très fins et à contrastes fortement accentués.

Au lieu de faire le report sur zinc avec de l'encre ordinaire, M. Villaume[1] emploie une encre contenant 40 grammes de cire, 30 grammes de résine, 20 grammes de savon de résine et 10 parties de biiodure de mercure. On tire une épreuve sur papier à report et on l'applique sur une plaque de zinc : au bout de deux ou trois heures les lignes sont amalgamées. On lave alors la plaque avec de la térébenthine et on procède à la morsure dans un bain contenant 35 grammes d'acide nitrique pour un litre d'eau; aussitôt que l'acide a agi légèrement, on recouvre la planche d'une encre de réserve contenant 100 parties de vaseline, 12 parties de cire, 5 parties d'huile de lin et 5 parties de noir de fumée.

§ 4. — Photoglyptographie.

1468. Photoglyptographie en creux. — M. H.-R. Blaney[2] a fait connaître un procédé qui est une modification de celui de Talbot (III, **774**). On fait, d'après un bon négatif, une épreuve positive sur verre : cette diapositive doit être *renversée* par rapport à l'original; on borde les marges de cette diapositive comme s'il s'agissait d'imprimer au charbon. Une plaque de cuivre est polie, poncée, puis grainée avec de la résine ou du bitume; c'est cette plaque, recouverte d'un grain d'aquatinte, qui reçoit la photocopie au charbon, photocopie qui est négative. Elle présente les plus grandes épaisseurs dans les parties qui doivent être les plus blanches lors de l'impression de la planche, et dont l'épaisseur devient graduellement moindre à mesure que l'on va vers les noirs les plus denses. Cette photocopie négative est destinée à faire fonction de réserve contre l'action du mordant, le laissant traverser facilement dans les parties les plus minces, et de moins en moins à mesure qu'augmente l'épaisseur. On obtient ce négatif d'après le diapositif renversé que l'on imprime en se servant du papier n° 100 de la Compagnie autotype. Après sensibilisation, séchage et exposition de ce papier à la lumière, on le reporte sur la plaque de cuivre grainée qui joue alors le rôle de support transitoire dans le procédé au charbon; on développe à l'eau chaude et l'on sèche rapidement en lavant d'abord avec un mélange de moitié eau et moitié alcool, puis avec de l'alcool; on peut aussi terminer l'image sur papier stéariné, et après l'avoir alunée et lavée, la plonger dans un mélange de 50 c. c. de glycérine et 1 litre d'alcool. La plaque est soumise à la morsure après avoir été recouverte sur les marges et à l'envers d'un vernis formé d'une dissolution de bitume dans l'éther.

Le mordant ne doit pas déterminer de dégagement de gaz, parce que les bulles gazeuses tendant à comprimer fortement de la couche ne peuvent que la déchirer. On fait usage de solutions de perchlorure de fer de densités différentes. Une solution dense ne pénètre qu'à travers les parties les plus minces de la couche, tandis qu'une solution plus faible agit à travers les parties les plus épaisses. On commence donc à mordre avec une solution dense qui

1. *British Journal of Photography*, 1895. — 2. *Phot. Work*, 20 mai 1892.

agit seulement sur les parties qui doivent être les plus vigoureuses, et on continue avec des solutions de moins en moins denses qui agissent encore sur les parties vigoureuses en même temps qu'elles commencent à agir sur les parties les plus faibles.

On prépare quatre dissolutions de perchlorure de fer marquant respectivement 42, 37, 33, 30° à l'aréomètre de Baumé à la température de 18° C. La plaque étant prête pour la morsure, on verse la solution à 42°, en ayant à l'avance préparé les autres solutions dans des verres à expérience. L'action du mordant se produit après une minute. Ce sont les parties les plus minces de la couche qui sont d'abord attaquées. Quand le noircissement du cuivre cesse de s'étendre aux parties les plus épaisses, il faut immédiatement rejeter le liquide et verser la solution à 37° B. La durée de cette première morsure est d'environ cinq minutes. Il faut autant que possible éviter l'action de l'air sur la gélatine et faire le changement de bains aussi rapidement que possible. La durée d'action du bain à 37° B. est d'environ cinq minutes; celle des bains à 33 et 30° B. est de deux minutes pour chacun. La solution à 30° fait apparaître une teinte un peu claire. On laisse agir environ une minute encore après que cette teinte claire a apparu, soit environ deux minutes en tout; il est rare que la durée de cette dernière morsure dépasse ce temps. Ces durées d'action peuvent d'ailleurs varier avec la température et l'épaisseur de la gélatine qui est à la surface de la couche. Il est bon d'opérer à une température comprise entre 15 et 18°; au besoin, pendant l'été, on refroidira la plaque et les bains de morsure.

Quand la morsure est terminée, on place rapidement la plaque sous un robinet et on la rince tout d'un coup en enlevant la couche avec les doigts : la gélatine se détache aisément. On élimine le vernis d'abord avec de l'alcool, puis du chloroforme; il reste sur la plaque un dessin terne et recouvert comme d'une sorte d'écume. On mouille la plaque avec de la térébenthine et on frotte fortement avec du rouge; on polit également la surface dans tous les sens à l'aide d'un tampon de coton imbibé de térébenthine. Il ne faut pas trop polir au rouge, qui doit simplement amener le cuivre au brillant. Lorsque la plaque a été polie, on fait usage d'un brunissoir de graveur pour terminer la préparation des grandes lumières et pour modifier les autres. Deux ou trois roulettes de différentes finesses sont nécessaires pour retoucher les parties vigoureuses qui ont besoin d'être éclaircies. On fait tirer une épreuve par un imprimeur habile, afin d'examiner l'état de la planche et de voir ce qui peut lui manquer avant de la considérer comme achevée; on fait imprimer les épreuves sur diverses sortes de papier et avec des encres de diverses couleurs, pour juger des effets divers à obtenir.

Une planche de gravure préparée par ce procédé ne fournit guère que soixante-quinze bonnes épreuves; on peut obtenir un tirage plus considérable si l'on prend la précaution de faire aciérer la planche. Pour effectuer convenablement cette opération, il faut que la planche soit chimiquement propre; on la nettoie avec une vieille brosse, puis du chloroforme, ensuite de l'alcool, enfin de la potasse; on soude un fil de cuivre au dos de la plaque et l'on relie ce fil au pôle négatif de la pile; le pôle positif est en communication avec une lame d'acier poli de même dimension que celle de la plaque de cuivre; on place le tout dans une auge à galvanoplastie contenant un bain d'aciérage préparé avec 640 c. c. d'eau chaude, 96 gram-

mes de chlorure d'ammonium et 118 grammes de sulfate de fer et d'ammonium; on filtre ce liquide et on le laisse reposer pendant vingt-quatre heures. Par l'emploi de ce bain, la planche, dans l'espace de cinq minutes, se recouvre d'une mince couche d'acier. Après l'aciérage, on lave et on sèche rapidement; on graisse la surface pour la préserver de la rouille.

1469. Procédés divers. — Ch. Nègre[1] a obtenu de belles gravures à l'aide du procédé suivant : un phototype négatif, *retourné*, est appliqué sur une plaque d'acier poli, préalablement recouverte d'une mince couche de bitume de Judée; après le dépouillement de l'image, la plaque d'acier se trouve à découvert dans les parties correspondant aux lumières. La plaque est alors plongée dans un bain d'or et soumise à l'action d'un courant électrique; elle se recouvre d'une mince couche d'or dans les parties correspondant aux lumières du dessin où l'acier a été mis à découvert. Dans les parties correspondant aux ombres et recouvertes de bitume, le dépôt d'or est très faible ou même nul. La plaque d'acier, dépouillée du bitume, ne supporte plus qu'une image en or parfaitement adhérente et formant une véritable damasquinure ombrée; on fait mordre à l'acide et on obtient une planche susceptible d'être imprimée en taille-douce. Ce procédé était employé par M. Dufrêne pour obtenir des plaques damasquinées[2].

M. Placet a fait breveter « un procédé qui est une application ingénieuse de découvertes qui lui sont étrangères. En les combinant, en les modifiant, en y faisant de nombreuses additions, il a su se les assimiler[3]. » Ce procédé a été modifié de bien des manières et a permis d'obtenir de belles gravures. Il consiste à obtenir une image *grainée*, en gélatine, image que l'on moule par divers moyens; ces moules servent à produire la planche en cuivre. Par exemple, on sensibilise dans un bain de bichromate une feuille de gélatine, on expose à la lumière, sous un phototype; après insolation, on la plonge dans une solution saturée de bichromate de potasse, on enlève rapidement l'excès de bichromate de potasse et on plonge la feuille dans une solution de sulfate de fer : en quelques secondes, si l'exposition à la lumière a été convenable, l'image se trouve développée et *grainée;* il n'y a plus qu'à la mouler pour obtenir une planche susceptible d'être imprimée. On peut aussi dépouiller, par double transfert, une image au charbon en utilisant une solution de bichromate de potasse. Quand l'image est suffisamment venue, on l'immerge dans une solution de sulfate de fer (eau, 100 c. c.; acide acétique, 10 grammes; solution saturée de sulfate de fer, 40 c. c.) : elle se couvre de grains et peut être moulée. On peut enfin se servir d'une épreuve au charbon ordinaire que l'on plonge dans une solution ayant la propriété de redissoudre la gélatine rendue insoluble par la lumière (ammoniaque, potasse, hypochlorite de chaux, etc.). On trempe ensuite l'épreuve dans les solutions de bichromate de potasse et de sulfate de fer : le grain apparaît surtout si les solutions ont été légèrement chauffées. Un autre procédé consiste à appliquer à l'état solide une matière tannante. La gélatine insolée est plongée dans la solution dissolvante de

1. *Bulletin belge de la photographie*, 1866, p. 105. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 40. — 3. Davanne, *Bulletin de la Société française de photographie*, 1867, p. 111.

bichromate; on développe l'image en mettant sa surface en contact avec une poudre tannante avide d'eau, telle que les acides gallique, tannique, les aluns, le sulfate de fer, la chaux, etc.

Au lieu d'employer la gélatine seule, on la mélange d'une certaine quantité de gomme, albumine, dextrine, gélatine soluble, etc. On verse sur une glace un mélange de 10 grammes de gélatine ordinaire, 2 grammes de gélatine soluble, 100 c. c. d'eau, 1 à 3 grammes de sucre, 1 à 3 grammes de bichromate de potasse. Cette couche est séchée dans l'obscurité, puis insolée sous un phototype; on l'immerge ensuite soit dans l'eau, soit dans une solution de borax ou toute autre matière de façon à obtenir un liquide plus dense que l'eau : l'image se forme avec grains. Si l'image ne graine pas à ce premier bain, on la laisse sécher à peu près et on la plonge dans un bain de bichromate à saturation; on laisse la gélatine gonfler hors du bain : les parties correspondantes aux noirs ne tardent pas à devenir luisantes, comme prêtes à fondre. C'est à ce moment qu'il convient de faire agir le bain de fer; on recommence au besoin plusieurs fois ce traitement. Si le grain se forme dans le bain de borax, on arrête l'action de ce liquide en plongeant la glace dans un bain de 1,000 c. c. d'eau, 200 à 300 c. c. d'alcool et 20 à 40 c. c. d'ammoniaque; on éponge avec du papier buvard et on laisse sécher peu à peu complètement dans l'obscurité; on l'immerge dans une solution de sulfate de fer : le grain se forme de nouveau; on la plonge dans l'eau pure ou légèrement acidulée, on l'éponge au buvard et l'image se trouve définitivement fixée et terminée.

On reproduit par la galvanoplastie la surface de la gélatine grainée; cette reproduction s'effectue directement à l'aide de la pellicule de gélatine. M. Placet a constaté que c'était la seule méthode fournissant des planches parfaites [1].

La surface de la gélatine est rendue conductrice de l'électricité au moyen d'une métallisation préalable faite avec le plus grand soin. Il faut, en effet, que la gélatine, au moment même où elle pénètre dans le bain galvanoplastique, soit instantanément couverte par un dépôt de métal et ainsi soustraite à l'influence dissolvante de ce bain : plus le dépôt tarde à se produire, plus il devient impossible sur les parties gonflées. L'image en gélatine est plongée dans une dissolution de 1,000 c. c. d'eau, 15 à 20 c. c. de nitrate d'argent, 20 à 25 c. c. d'ammoniaque; après quelques instants d'immersion, on retire la gélatine, on éponge l'excès du liquide et on laisse sécher; on la trempe ensuite dans un bain réducteur de 1 litre d'eau, 5 à 10 grammes d'acide pyrogallique, 10 grammes d'acide tartrique et 50 c. c. d'alcool : la gélatine se couvre d'une couche d'argent brillant, pourvu que la température ne soit pas trop basse; on lave rapidement et on laisse sécher. Pour avoir une couche d'argent réduit assez épaisse, il est bon de recommencer plusieurs fois le trempage dans le bain réducteur et de laisser sécher chaque fois la gélatine : on évite ainsi les gonflements exagérés qui déformeraient l'image d'une façon permanente.

On peut alors mettre au bain galvanoplastique la pellicule ainsi traitée; cependant, avant de faire cette opération, il est mieux de faire tremper l'image dans un bain préparateur formé d'un litre d'eau, 200 grammes de

1. Brevet de 1881.

sulfate de cuivre et 200 grammes de sulfate de fer; on lave, on fait sécher, on vernit les bords et l'envers de la plaque avec du vernis au caoutchouc après l'avoir reliée à un conducteur, et on la plonge dans le bain qui ne doit pas être acidulé par l'acide sulfurique. C'est un bain de sulfate de cuivre auquel on ajoute 200 grammes de sulfate de fer par litre; on peut aussi additionner ce bain d'alun, de sulfate de soude, de potasse, de magnésie, de 10 à 15 % d'alcool et de glycérine, etc. Le courant, au début, doit être assez énergique pour que la formation du dépôt se fasse rapidement avant que la gélatine soit altérée. Lorsque la couche de cuivre qui s'est formée est assez épaisse pour protéger la gélatine, on la porte dans un bain ordinaire de cuivrage qui fournit un métal de bonne qualité. Quand l'épaisseur est suffisante, on démoule et on dissout dans de l'acide sulfurique froid et concentré la gélatine qui peut adhérer au moulage; on lave dans une grande quantité d'eau et l'on fait sécher.

Cette planche de cuivre peut servir à obtenir un contre-moulage que l'on utilisera pour obtenir des planches du même sujet. Dans ce but, la planche type est argentée très légèrement avec du cyanure d'argent dissous dans une solution de cyanure de potassium. On peut donner plus de cohésion et de dureté au métal en le recuisant à une température assez élevée; mais il faut préserver la couche de métal de l'oxydation qui se produit à cette température.

Le grain de la planche peut être obtenu d'une façon différente, comme l'ont indiqué Hervier, Chauvet et plusieurs autres. Dans ces procédés (I, **789**), au lieu d'imprimer le papier au charbon sous un positif, on l'imprime sous un négatif retourné. Le papier au charbon est sensibilisé à la façon ordinaire, on l'applique sur une glace pour l'essorer et on le retourne sur cette glace de façon que la couche de gélatine soit en dessus. On le saupoudre alors d'une poudre assez fine et plus ou moins opaque (bitume, émeri, sanguine, verre fin, etc.), on applique cette poussière fine soit à l'aide d'un tamis, soit en utilisant la boîte à grains. La feuille est séchée, on passe un blaireau à sa surface pour enlever la poudre qui ne doit pas être en grand excès; on expose à la lumière, on dépouille la feuille transportée sur une plaque de cuivre légèrement argentée. L'image dépouillée est passée à l'alcool, rendue conductrice à la mine de plomb et mise au bain galvanoplastique.

Garnier, Dujardin, etc., impriment d'après trois positifs repérés (I, **768**). Ces diapositifs sont faits sur plaque sèche, d'après un négatif portant des croix de repérage : l'un est très doux, très détaillé dans les blancs, le deuxième est d'intensité moyenne, le troisième est à opposition violente ne présentant que les blancs et les noirs; après insolation de la planche de cuivre grainée très finement, recouverte de gélatine et albumine bichromatée, on fait mordre au perchlorure de fer à 38° B : cette première pose se fait sous le positif très doux; après morsure, on enlève la gélatine à l'aide d'une solution de potasse, puis, avec de la benzine, on enlève le grain : on passe la plaque au blanc, puis au cyanure. On pose alors sur la planche un grain un peu plus gros que le premier; on cuit le grain, on recouvre la planche de gélatine bichromatée, on fait sécher et on insole sous le second positif : la morsure de cette deuxième pose se fait avec du perchlorure à 40° B. La seconde morsure n'agit que sur les noirs et les fortes demi-tein-

tes; on nettoie de nouveau la planche, on pose le troisième grain qui doit être plus gros que le premier, on gélatine la planche et on insole sous le troisième positif qui est à oppositions violentes; on insole assez longtemps et on fait mordre avec une solution de perchlorure de fer à 42 ou 43° qui agit lentement et creuse beaucoup. La planche nettoyée est livrée à l'imprimeur qui en tire des épreuves, dites *états*, permettant de faire les retouches nécessaires.

Les planches de cuivre peuvent être grainées à l'aide d'une sorte de pulvérisateur connu en Amérique sous le nom d'*Air Brush*, qui projette sur la plaque un vernis donnant par évaporation un grain gros ou fin suivant qu'on le désire; mais l'emploi de cet appareil nécessite une grande expérience.

§ 5. — Photochromographie par procédés mécaniques.

1470. Emploi de la photocollographie. — Les procédés de photocollographie peuvent fournir des images polychromes; il suffit de reporter sur un même papier les impressions fournies par trois planches photocollographiques : la première planche est imprimée sous un négatif obtenu au travers d'un écran bleu-violet, la seconde sous un négatif obtenu au travers d'un écran vert, la troisième sous le négatif obtenu au travers de la lumière rouge-orangé. La première planche est encrée avec de l'encre au jaune de chrome ou au jaune de cadmium : c'est la première que l'on imprime; la seconde est encrée avec de la laque de garance; la troisième est enduite d'encre au bleu de Prusse ou au bleu minéral mélangé de bleu d'Orient.

Les coïncidences des trois couleurs superposées sur une même feuille s'obtiendront à l'aide des moyens de repérage pratiqués dens les ateliers.

On imprime l'image jaune la première à cause de la médiocre transparence des pigments jaunes. Il faut attendre que l'image faite avec une encre d'une couleur soit sèche avant d'appliquer la seconde et la troisième teinte. Si les écrans analyseurs et si les encres d'impression sont bien choisis, il est inutile d'ajouter aux trois monochromes jaune, rouge, bleu, une très légère teinte noire, comme le faisait A. Quinsac. Cette teinte avait pour unique destination d'accentuer les vigueurs de la polychromie.

1471. Emploi de la phototypographie et de la photoglyptographie. — Dans l'examen d'une image en trois couleurs réalisée soit par la photocollographie, soit par les tirages au charbon, l'œil éprouve la sensation d'une teinte composite due à la *superposition* de deux ou trois couches colorées, tandis que dans le tirage phototypographique cette sensation repose sur une *juxtaposition* des couleurs.

Les trois phototypes correspondants à chacune des couleurs sont transformés en phototypes à linéatures. Par l'emploi de cadres intermédiaires spéciaux, on peut donner à ces linéatures diverses inclinaisons, de telle sorte que le négatif soit tramé d'une façon différente pour chacune des couleurs. La meilleure inclinaison d'une linéature sur l'autre est obtenue[1] pour l'angle de 60°; on n'emploie que les réseaux à lignes parallèles; avec les qua-

1. Ducos du Hauron, *brevet n° 223817, du 20 août 1892.*

drillés, il peut se produire des teintes moirées lors de la superposition des couleurs.

Chacun des clichés typographiques correspondant à chaque négatif est imprimé avec une encre de couleur appropriée; mais le plus souvent l'image manque de vigueur et l'on doit la compléter par une quatrième teinte qui constitue une teinte de fond.

Dans les procédés de photoglyptographie on emploie, pour l'encrage en différentes couleurs, des caches qui font l'office de réserves pour certaines teintes. D'après les expériences de Dujardin, il suffirait de trois couleurs reportées sur une même feuille de papier, à l'aide de trois planches différentes, pour obtenir des photoglyptographies en couleur[1].

Quoi qu'il en soit, les modes d'impressions photographiques en couleurs, faits sur l'emploi de trois négatifs servant à produire les trois teintes types, ne sont pas encore entrés dans la pratique. L'industrie préfère employer les procédés *mixtes*, c'est-à-dire ceux dans lesquels la photographie fournit la ligne et la chromolithographie la couleur. La photocollographie permet de rendre des effets que le dessinateur ne saurait obtenir; la chromolithographie donne les couleurs de teinte vigoureuse; mais dans ce cas on utilise un assez grand nombre de négatifs que l'on retouche convenablement, suivant la planche colorée à obtenir.

On opère en général de la façon suivante : on fait un négatif sur plaque panchromatique; à l'aide de ce négatif préalablement retourné, on obtient une planche photocollographique; cette planche remplace les planches de dessin ou de vigueur en usage pour les reproductions chromolithographiques; on exécute ensuite les planches de couleurs à l'aide d'une planche des contours exécutée sur pierre lithographique préparée au bitume et isolée sous le négatif. La retouche joue un très grand rôle dans ce procédé; le chromolithographe marque tous les contours nécessaires pour les diverses nuances soit à l'encre dans les parties claires, soit à la pointe dans les ombres. De la planche des contours ainsi préparée, on tire autant d'épreuves en couleur bleu clair qu'il faut de planches pour la reproduction de l'original; on se sert de ces épreuves pour l'élaboration des planches de couleur, élaboration qui est laissée au soin de l'opérateur. Avec toutes ces feuilles de couleur et avec l'épreuve retouchée qui se fait après le tirage photographique de l'original, on exécute des négatifs de dimensions bien égales; on les imprime sur autant de pierres; ces reports achevés et les dimensions étant reconnues identiques pour toutes les pierres, on gomme, on acidule et on sèche les planches, puis on procède au tirage, en imprimant la planche de dessin ou principale et en superposant ensuite dans la série convenue les autres couleurs.

La même marche peut être adoptée pour obtenir des images par procédés d'impression chromotypographique; mais dans ce cas on produit les reliefs directement sur chaque planche en impressionnant directement le zinc ou le cuivre derrière le négatif destiné à chaque couleur; par ce moyen on conserve certaines finesses de l'image qui se perdent toujours dans le report.

La planche principale ou planche de force se fait presque toujours à

1 Ducos du Hauron, *La triplice photographique*, p. 294.

l'aide de la photographie, non seulement parce que les frais d'exécution sont sensiblement moindres que par l'emploi des procédés de la lithographie, mais encore parce que le caractère de l'original y subit moins d'atteintes que dans les reproductions lithographiques exécutées à la main[1].

1472. Emploi de la photoplastographie. — Les procédés de la photoplastographie sont susceptibles de fournir, par l'emploi d'encres transparentes, des images polychromes. L'une des principales difficultés réside dans l'obtention de moules métalliques (III, **777**) de dimensions identiques pour les trois négatifs; il n'est pas en outre très facile de repérer exactement sur la même feuille les trois monochromes en admettant qu'ils soient de même dimension. M. Ducos du Hauron a indiqué le procédé suivant : une image au charbon est transportée sur glace préalablement recouverte d'un enduit adhésif tel qu'albumine, silicate de potasse, etc.; cette image est légèrement graissée et la glace est plongée dans l'eau pendant une heure. Les reliefs sont alors bien accusés, la glace est placée de niveau, l'image en dessus; un cadre de bois, préalablement graissé à l'intérieur, est placé sur la glace de façon à pouvoir contenir le plâtre qui constituera le moule. Dans 50 c. c. d'eau additionnée de dextrine en solution à 16 % on délaie 100 grammes de plâtre de Paris, on verse ce mélange sur l'épreuve en quantité un peu plus que suffisante pour le remplir; à l'aide d'une glace graissée on aplanit la surface supérieure du plâtre; au bout de deux heures on démonte le cadre et l'on sépare le bloc d'avec la gélatine. Ce bloc, d'environ 1 centimètre d'épaisseur, est abandonné à la dessiccation et plongé dans un bain de stéarine fondu; après environ un quart d'heure d'immersion on retire le bloc qui peut servir au tirage photoplastographique. Pour le graissage du moule on emploie un rouleau de gélatine légèrement imbibé d'huile verte (baume tranquille des pharmaciens). Par ce procédé on obtient des moules identiques pourvu que les images au charbon soient elles-mêmes identiques; on arrive à ce résultat en se servant de papiers de même nature pour supporter la mixtion gélatinée et en coupant ces papiers dans le même sens des fibres; si les papiers sont traités de la même façon, les déformations sont identiques pour les trois monochromes.

1473. Procédés divers. — La maison Orell, Fussli et Cie, de Zurich, livre sous le nom de photochromies des images tirées en plusieurs couleurs par le procédé suivant : on graine des pierres lithographiques et on les couvre d'une solution de bitume de Judée, on les expose sous un négatif retourné, on développe avec un mélange de térébenthine et d'huile de lin : ces planches développées, encrées et acidulées peuvent servir pour l'impression; sur chaque planche on supprime toutes les parties de l'image qui pourraient nuire à l'effet ou qui sont en dehors de la couleur visée. Pour l'impression, on n'emploie que des couleurs transparentes mélangées avec un vernis fort ou tout au moins de force moyenne, en évitant les couleurs mélangées de blanc. Il faut tenir compte de la composition des couleurs lors de l'exposition à la lumière et lors du développement, de façon à obte-

1. Frédéric Hesse, *La chromolithographie et la photochromolithographie*, p. 234.

nir des planches de couleur donnant une teinte plus ou moins intense lors de l'impression.

Le grainage de la planche de fond peut être obtenu sur zinc en exposant à une soufflerie de sable la surface de l'image à la gélatine bichromatée obtenue sur ce métal. Dans le procédé Bartos, le zinc poli au charbon est préalablement recouvert d'une solution de 1 gramme de mastic, 2 grammes de laque en écailles et 150 parties d'alcool; sous l'action du sable, les parties découvertes de la couche de laque sont détruites, et lorsqu'on a atteint une certaine profondeur on dissout la couche de laque, on encre la planche et on achève par acidulation à l'acide nitrique. Le grain, suivant l'objet à reproduire, est de structure plus ou moins fine suivant la nature du sable et suivant la durée d'action. Ce procédé permet d'obtenir la planche principale; les planches de couleur proprement dite s'obtiennent par le procédé lithographique.

BIBLIOGRAPHIE.

ALLGEYER (J.). — *Handbuch über das Lichtdruck-Verfahren.*

BLACKBURN (H.). — *The Art of Illustration.*

BOCK (J.). — *Zincography or Process Bloch Making.*

BURTON (W. R.). — *Photo-Mechanical Printing Processes.*

CALMETTE. — *Lumière, couleur photographie.*

CRONENBERG. — *Half Tone on the American Basis.*

DENISON (H.). — *Treatise of Photogravure in Intaglio.*

DUCOS DU HAURON. — *La Triplice photographique des couleurs et l'imprimerie.*

EDER (Dr J.-M.). — *Der Pigmentdruck und die Heliogravure.*

FARQUHAR (H. D.). — *Photo-Engraving.*

FÉRY et BURAIS. — *Traité de photographie industrielle.*

FRITZ. — *Photo Lithography.*

HARPER (C. J.). — *Drawing for modern methods of reproduction.*

HESSE (F.). — *La chromophotographie et la photochromolithographie.*

HUBL (A. Von). — *Die Dreifarbenphotographie.*

HUSNICK (J.). — *Die Zinkœtzung.*

NIEWENKLOWSKI et ERNAULT. — *Les couleurs et la photographie.*

RICHMOND (W. D.). — *The Grammar of Lithography.*

— *Color and Color Printing as applied to Lithoraphy.*

SCHNAUSS (Dr). — *Collotype and Photo Lithography.*

TOURNOIS. — *La Photocollographie.*

TRANCHANT. — *La Photocollographie simplifiée.*

TRUTAT. — *Impressions photographiques aux encres grasses.*

VERFASSER (J.). — *La Phototypogravure à demi-teintes.*

VIDAL (L.). — *Photographie des couleurs.*

— *Traité pratique de Photolithographie.*

VOLKMER (O.) — *Mittheilungen uber neuere Arbeiten im Gebiete der Photographie und der modernen Reproductions verfahren.*

WILKINSON (W. T.). — *Photo Engraving.*

— *Photo-Mechanical Processes.*

— *Photogravure.*

LIVRE IV.

PROCÉDÉS DIVERS.

CHAPITRE PREMIER.

§ 1. — Matériel pour agrandissements et projections.

1474. Agrandisseurs. — Lorsqu'il s'agit d'obtenir des agrandissements de phototypes dont le format n'excède pas 13 × 18 centimètres, on emploie avec avantages les appareils appelés *agrandisseurs*. L'un des plus pratiques est l'agrandisseur Van Neck qui consiste en une sorte de chambre

Fig. 207.

Fig. 208.

noire rectangulaire (*fig. 207*) à tiroir SOP fixée au-dessus d'un tronc de pyramide IM. En SO se loge un châssis à rideau contenant le négatif à agrandir; à l'autre extrémité du prisme se place l'objectif destiné à produire l'agrandissement. Le châssis et l'objectif peuvent se déplacer par rapport au châssis IO (*fig. 208*) à l'aide de deux crémaillères M et P (*fig. 207*). Le châssis IO est à rideau, reçoit divers intermédiaires, et ces intermédiaires peuvent être calés à l'aide d'une vis de serrage. Le négatif est disposé

dans le châssis SO (*fig. 208*) dont on enlève complètement le rideau ; à l'aide des crémaillères, on détermine la dimension de l'agrandissement et on effectue la mise au point *approchée* en examinant l'image à l'aide d'une glace dépolie placée dans le châssis IO. On termine la mise au point exacte en remplaçant le négatif par une glace de même épaisseur sur laquelle on a collé un tulle très fin. On remplace cette glace par le négatif ; on ferme le rideau. Le châssis IO est garni du papier ou de la plaque sensible ; on ouvre le rideau de ce châssis, puis on retire complètement le rideau du

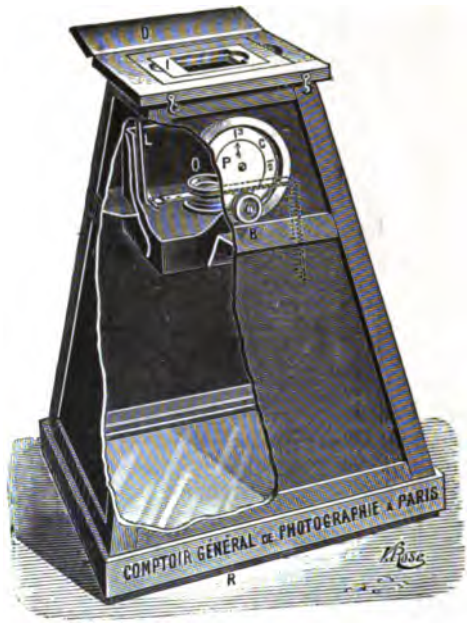


Fig. 209.

châssis à négatif et on expose à la lumière, le négatif SO étant tourné soit vers le ciel, soit vers un réflecteur blanc ; on replace le rideau du châssis SO lorsque la durée du temps de pose est suffisante. Les mouvements du châssis et de l'objectif pour la détermination de la grandeur de l'image et la mise au point peuvent être repérés au moyen d'une échelle placée sous un curseur ; on peut toujours retrouver sans tâtonnements la mise au point correspondante à un agrandissement déterminé [1].

Il est clair que si l'on remplace le négatif par une plaque sensible en SO et le papier positif en IO par un grand négatif, on obtiendra de ce grand négatif un diapositif de format réduit pouvant servir par exemple pour les projections ; de là le nom de *réducto-agrandisseur* donné à cet appareil.

Dans l'appareil agrandisseur du Comptoir général de photographie

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1894, p. 369.

(*fig. 209*), la mise au point se fait automatiquement; à l'intérieur de l'agrandisseur se trouve une petite planchette porte-objectif que l'on peut déplacer par un bouton extérieur B; en même temps, des bonnettes montées sur une lame d'acier L se meuvent quand on agit sur le bouton et

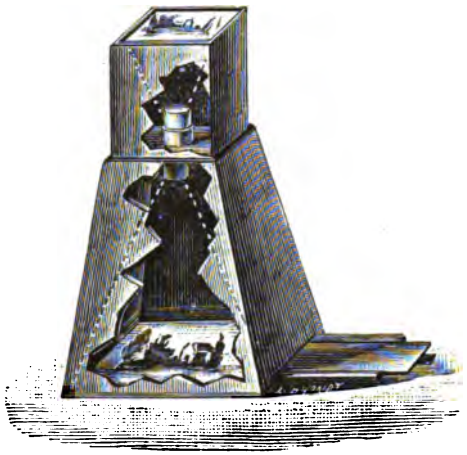


Fig. 210.

viennent, suivant les cas, s'appliquer contre le diaphragme; ce même mouvement d'un bouton B entraîne celui d'un disque extérieur P portant une flèche dans le sens de l'un de ses rayons et qui se meut concentriquement à un cercle gradué B présentant les différents rapports des images entre elles.

MM. Joux, Hermagis et plusieurs autres constructeurs ont établi des

Fig 211.

agrandisseurs d'un type plus ou moins semblable aux types précédents. Dans l'*ampliateur* Mendozza (*fig. 210*) la mise au point est réglée par le constructeur une fois pour toutes; un négatif de format déterminé fournit toujours les mêmes dimensions d'agrandissement.

M. Mackenstein a repris la construction d'un ancien modèle[1] de chambre à trois corps (I, **104**) permettant les agrandissements et les réductions (*fig. 211*). Au lieu d'employer une chambre spéciale, MM. Poulenc utilisent une chambre du format 13 × 18 qu'ils placent à la partie antérieure d'une chambre du format 24 × 30 ou de dimensions quelconques; on peut d'ailleurs utiliser pour le même objet une chambre de grand format et la plupart des appareils à mains munis de leur objectif; le tout est fixé à la partie antérieure de la grande chambre noire, et un dispositif très facile à construire, mais variant avec la forme de l'appareil à main, permet d'effectuer la mise au point soit en éloignant le petit négatif de l'objectif. soit en avançant ou reculant le verre dépoli. On peut d'ailleurs établir à très peu de frais des appareils spéciaux présentant la disposition suivante pour l'agrandissement :

Glace dépolie ou surface sensible.	Objectif.	Négatif à agrandir.	Source de lumière.

L'objectif peut être fixe, la glace dépolie et le négatif étant mobile, ou bien l'objectif et le négatif sont mobiles.

Lorsqu'il s'agit d'agrandir ou de réduire un dessin contenant des lignes fines, l'appareil employé doit offrir une très grande stabilité. Pour assurer l'immobilité de l'objectif, M. Motteroz[2] le fixe à une cloison qui sépare l'atelier vitré du cabinet obscur. Le dessin à agrandir est placé dans l'atelier vitré sur un chevalet porté par deux bâtis mobiles sur rails; les bâtis peuvent être très solidement calés. La glace sensible est placée dans le cabinet obscur; elle est également supportée par deux bâtis, et un dispositif spécial permet de se passer de châssis négatifs; suivant l'écartement relatif des deux bâtis et leur distance respective à l'objectif, on obtient un agrandissement ou une réduction.

Si l'on désire copier en l'agrandissant une seule figure faisant partie d'un groupe et si l'on ne possède pas une chambre à très long tirage, on peut opérer de la façon suivante : on place verticalement l'image à agrandir qui doit être éclairée d'une manière bien uniforme; sur un support quelconque on place un objectif à portraits dont l'axe est perpendiculaire au centre de l'image à agrandir, puis, à une distance convenable et de l'autre côté de l'objectif à portraits, on place une chambre noire munie de son objectif; on met au point comme à l'ordinaire l'image qui est ainsi fortement agrandie.

Lorsqu'il s'agit d'agrandir un négatif ou une diapositive, il est indispensable de placer à une certaine distance de ce dernier (deux à trois centimètres), soit un verre douci, soit une glace dépolie de manière à égaliser la lumière.

La source de lumière employée peut être la lumière du jour, l'éclair magnésique, la lumière électrique, celle du gaz, du pétrole, etc. La lumière doit être d'autant plus faible que le négatif à agrandir est plus faible.

1. *Bulletin belge de la photographie*, 1865, p. 129. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 108.

Un négatif intense s'imprime mieux avec la lumière du magnésium brûlé à cinq ou six centimètres du verre dépoli, la lumière électrique, etc., qu'avec la lumière du jour, à moins qu'elle ne soit très intense. La lumière solaire réfléchie par un mur blanc ou une surface blanche quelconque peut cependant être employée dans le cas de négatifs très intenses.

1475. Appareils à condensateurs. — Les appareils à condensateurs sont destinés à concentrer une vive lumière sur le phototype à agrandir : sauf pour les agrandissements par procédé au charbon, on a renoncé aux appareils solaires; ils servent aussi à projeter l'image des diapositifs sur un écran.

Pour juger de la forme et de l'étendue de la partie où l'image projetée présente la même netteté qu'au milieu, M. A. Buguet[1] projette un diapositif formé d'un quadrillé de lignes très fines, très serrées, régulièrement espacées, à intervalles connus et autant que possible parties aliquotes du centimètre; on peut tracer ces traits à l'aide d'une pointe d'aiguille fine, sur une pellicule de gélatine montée comme une épreuve à projection. On peut aussi photographier un papier quadrillé au millimètre, papier que l'on trouve dans le commerce; on numérote les divisions à partir du centre.

L'éclairement des projections n'est généralement pas en rapport connu avec la puissance réelle de la source lumineuse employée. L'éclairement devrait être rapporté à l'unité d'éclairement. Cette unité, désignée sous le nom de *lux* ou bougie à un mètre, est l'éclairement produit sur une surface par une bougie décimale placée à un mètre devant la surface. On peut facilement déterminer en lux la caractéristique lumineuse ou pouvoir d'une lanterne; d'autre part, on peut définir l'appareil d'optique par le diamètre du condensateur et la distance focale principale de l'objectif, ou mieux par le rapport du diamètre du cercle projeté à la distance de la projection à l'objectif, ou mieux encore par la distance à laquelle est projeté le cercle de 1 mètre de diamètre. On pourrait alors définir une lanterne quelconque K de la manière suivante : la lanterne K donne L lux sur le cercle d'un mètre de diamètre à M mètres de l'objectif.

M. Molteni a construit une trousse d'objectifs qui permet d'obtenir quinze longueurs focales différentes. La même diapositive peut être agrandie depuis vingt-huit fois jusqu'à cent dix fois en diamètre pour une distance de 10 mètres entre la lanterne et l'écran. Pour connaître la grandeur de l'image, il suffit de multiplier la dimension de l'image à projeter par le grossissement qui est indiqué sur la trousse. La trousse est composée de cinq objectifs de foyers différents pouvant s'employer séparément ou par paires; un porte-objectif à crémaillère reçoit le tube dans lequel s'adaptent les lentilles et un diaphragme iris permet de régler l'ouverture de façon à obtenir le plus de netteté possible pour chaque dimension.

M. Molteni, M. Gaumont, MM. Clément et Gilmer, ainsi que plusieurs autres constructeurs, ont établi des lanternes pour projections et pour agrandissements qui sont disposés de telle façon qu'aucun rayon de lumière blanche ne filtre au dehors. On peut alors placer l'écran sensible dans la pièce même où se trouve la lanterne. L'éclairage peut se faire à volonté

1. *Photo-Journal*, 1895, p. 409.

par les appareils de ces constructeurs : lampe électrique, oxhydrique, à pétrole, au gaz de la houille avec bec Auer, à l'acétylène, etc.; l'emploi de ce dernier gaz donne de très bons résultats pour la projection.

Ces lanternes sont généralement assez pesantes et doivent être supportées par des pieds spéciaux. M. Molteni a construit un pied-table des plus pratiques. Le dessus de la table est muni d'une charnière et d'une coulisse qui permettent de l'incliner à volonté, de façon à rendre l'axe de l'objectif de la lanterne perpendiculaire au plan de l'écran, dans le cas où celui-ci serait dans une position inclinée. Une crémaillère permet de faire varier la hauteur de la table, et une tablette placée à mi-hauteur reçoit la collection de diapositives qu'on a à projeter dans la séance; elle est munie d'un large rebord qui en fait une sorte de caisse assez profonde pour maintenir les diapositives.

§ 2. — Procédés d'agrandissement.

1476. Agrandissement direct du négatif. — Le procédé le plus généralement adopté pour obtenir des images agrandies consiste à utiliser directement le négatif et à recevoir l'image agrandie sur un papier préparé au gélatino-bromure ou au chloro-bromure d'argent. La mise au point de l'image négative agrandie s'effectue sur une feuille de papier humide que l'on applique sur la glace du châssis, ou, s'il s'agit d'épreuves de grandes dimensions, sur une glace fixée au chevalet porte-écran. Pendant que l'on fait la mise au point, le papier au gélatino-bromure est mis à tremper dans l'eau. On interpose un verre rouge orangé entre l'objectif et l'écran; on met en place le papier, qui, s'il est suffisamment imbibé d'eau, se maintient bien plan contre le verre; on laisse agir les rayons lumineux et l'on développe soit à l'amidol, soit à l'hydroquinone. Avec ce dernier composé, il est bon d'ajouter quelques gouttes de teinture d'iode au bain de développement pour obtenir des noirs vigoureux.

Ce procédé est pratique si l'on n'a qu'un agrandissement à faire du même négatif; mais si le même phototype doit fournir plusieurs épreuves agrandies, si ces épreuves doivent être obtenues soit sur papier albuminé, soit sur papier au charbon, il est mieux d'opérer par méthode indirecte. Le procédé de renversement de l'image utilisé dans la confection des contretypes n'a pas jusqu'à présent fourni de résultats bien pratiques pour l'obtention d'un grand négatif directement d'après un petit négatif.

1477. Méthode indirecte. — La méthode indirecte consiste à imprimer du petit négatif une diapositive de dimensions identiques ou légèrement supérieures à celles du phototype. Cette diapositive est alors agrandie soit sur glace, soit sur papier, et fournit un négatif de grande dimension que l'on retouche et qui permet d'obtenir tel nombre de photocopies que l'on désire.

On trouve actuellement dans le commerce du papier préparé au bromure d'argent très sensible et se développant facilement sous l'action des révélateurs ordinaires pourvu qu'ils ne soient pas trop alcalinisés, auquel cas la trame du papier est rapidement désagrégée. Ces surfaces sensibles peuvent d'ailleurs être facilement préparées par immersion de beau papier Rives

dans un bain de bromure de potassium, séchage du papier et immersion dans une solution de nitrate d'argent; on peut aussi le préparer en traitant le papier albuminé du commerce par une solution de bichromate de potasse et bromure de potassium, et lavant à fond dans l'obscurité. Ces papiers sont moins sensibles à la lumière que les plaques au gélatino-bromure d'argent, mais leur sensibilité est suffisante; enfin, on peut employer certains papiers au gélatino-bromure que l'on trouve dans le commerce et qui sont assez riches en argent pour fournir un négatif intense.

L'avantage de ce procédé réside en ce que les retouches, faciles à exécuter sur le papier, sont moins apparentes que sur l'image positive; de plus, s'il y a un certain nombre d'exemplaires à fournir du même négatif, les frais de retouche sont réduits au minimum; enfin, l'impression de ce grand négatif peut être faite par l'un quelconque des procédés de tirage usuels.

§ 3. — Projections.

1478. Confection des diapositives. — Les diapositives pour projections devraient être toujours faites sur plaques à l'albumine ou au collodion : les images obtenues sur ces couches sensibles sont plus fines que celles obtenues sur plaques au gélatino-bromure ou gélatino-chlorure; ces dernières préparations sont cependant très employées. Les difficultés de manipulation des procédés au collodion ou à l'albumine font que peu d'opérateurs utilisent ces moyens qui sont cependant les meilleurs; autant que possible, les négatifs doivent être copiés à la chambre noire de façon à obtenir des images aussi nettes que possible. Depuis peu de temps, on trouve dans le commerce du papier au collodio-chlorure d'argent qui donne des images d'une belle teinte, se transportant facilement sur verre (**1445**). Ces diapositives peuvent être virées très facilement.

Quel que soit le procédé employé, si l'on opère par contact en utilisant le verre comme support de la couche sensible, il est indispensable que le revers de la plaque soit recouvert d'une mixtion *anti-halo* (**1392**) et que la lumière n'arrive pas par la tranche du verre. On se sert de caches en papier noir pour empêcher cet effet de se produire.

Il faut absolument rejeter les diapositives qui sont voilées. On peut essayer de les traiter par le réducteur de Farmer; mais elles ne fournissent que très rarement de bons résultats.

L'intensité des images devra varier avec la source lumineuse qui servira à éclairer la lanterne : la diapositive sera d'autant plus intense que cette source sera plus éclatante; par conséquent, lorsque l'image devra être éclairée à la lumière électrique on pourra intensifier assez fortement la photocopie; au contraire, si la projection doit se faire avec la lumière du pétrole, l'image sera de faible intensité; mais quelle que soit la source de lumière l'épreuve ne doit pas présenter de contrastes excessifs entre les lumières et les ombres, contrastes tels qu'à la projection on ne perçoive que du blanc et du noir. Il faut que l'image soit très riche en demi-teintes, ce que l'on obtient par une durée d'exposition convenable et un développement bien conduit. Dans les diapositives de paysages, le ciel, sauf de très rares exceptions, ne doit jamais être absolument blanc. Il existe toujours dans la vue un objet dont la teinte est plus brillante que celle du ciel; d'ailleurs,

ces grandes masses blanches qui, sur l'écran, sont censées représenter le ciel, sont aveuglantes pour le spectateur : il ne faut pas que l'épreuve renferme de place sans aucune teinte. Le procédé qui consiste à « nettoyer » les ciels à l'aide du cyanure de potassium pour le collodion ou de la liqueur de Farmer est absolument à rejeter; la diapositive ne doit nulle part présenter le verre nu (sauf pour les reproductions de gravures, blanc et noir). L'impression d'un négatif de ciel autre que celui du paysage nécessite des soins et de l'habileté pour masquer la ligne de raccord provenant de ce second tirage.

L'impression des diapositives pour projections n'est pas un procédé de tirage purement mécanique, comme l'on serait tenté de le croire; plus que pour l'obtention des photocopies, il faut un certain sentiment artistique pour produire de belles épreuves.

M. A. Stieglitz[1] recommande de développer les plaques à la gélatine avec le bain d'hydroquinone jusqu'à ce que l'image ait complètement disparu quand on l'examine par transparence. On fixe la diapositive qui paraît uniforme et plate. Au sortir du bain d'hyposulfite *et sans laver*, on plonge la plaque dans une solution contenant 10 grammes de ferricyanure de potassium pour un litre d'eau; aussitôt que l'image devient visible on arrête l'opération en plongeant la plaque dans l'eau : l'intensité est encore considérable, le négatif est plat; on le réduit localement et on l'amène à l'intensité convenable à l'aide d'une solution de 100 c. c. d'hyposulfite de soude à 10 °/₀ contenant 15 gouttes de solution de ferricyanure de potassium à 1 °/₀. La réduction se fait localement au pinceau; on lave soigneusement la plaque. En été, il est bon de traiter la diapositive par le bain de formol afin d'empêcher la couche de gélatine de se soulever. Si l'on veut colorer la diapositive en bleu on emploie un bain de virage fait avec deux solutions : A) 12 grammes de sulfocyanure d'ammonium, 900 c. c. d'eau et 57 grammes de carbonate de soude sec; B) 30 c. c. d'eau et 1 gramme de chlorure d'or; on doit verser la solution de chlorure d'or dans celle de sulfocyanure. On suit l'action de ce bain de virage en examinant la diapositive à la lumière du jour : l'épreuve complètement virée doit avoir une couleur d'un bleu pur quand on l'examine par réflexion; il vaut mieux effectuer le virage après la dessiccation du diapositif, surtout si l'on ne veut que virer partiellement.

Pour obtenir une teinte verte on commence par virer au bleu à l'aide d'une solution de 30 grammes d'oxalate de fer, 300 c. c. d'eau et 1 gramme de ferricyanure de potassium; on fait ensuite passer la plaque dans un bain contenant 0gr7 de bichromate de potasse pour 1 litre d'eau, on lave et on fait sécher.

La teinte rouge brun s'obtient à l'aide de deux bains : A) eau, 450 c. c.; prussiate jaune de potasse, 1 gramme; B) nitrate d'urane, 2 grammes; sulfocyanure d'ammonium, 7 grammes; acide citrique, 2 grammes; eau, 450 c. c.: on mélange ces deux dissolutions par parties égales et l'on immerge la plaque dans la solution obtenue. Si les blancs sont teintés par cette opération on lave et on traite l'image pendant le temps strictement nécessaire pour détruire la coloration à l'aide d'un bain contenant 1 gramme de carbonate de soude pour 900 c. c. d'eau.

1. *Camera-Notes*, 1897, n° 2.

On peut employer le bain d'or pendant un temps très court et faire agir successivement et localement les divers bains de virage sur le négatif sec; on obtient des images très artistiques à l'aide de ce procédé.

Les diapositives pour projections sont faites sur verre du format de 85×100^{mm}. Sur l'épreuve, on dispose un cache, soit des formats commerciaux 68×68^{mm} ou 70×74^{mm}, soit de toute autre forme en rapport avec le sujet représenté que l'on recouvre d'un verre mince; on colle à cheval sur tout le pourtour des deux verres des bandes de papier noir : ces bandes empêchent les poussières et l'humidité de passer entre les verres. Pour permettre de reconnaître dans l'obscurité quel est le côté de l'image qui doit être tourné vers l'écran (ce qui est indispensable pour éviter l'inversion de l'image), on applique sur le coin droit inférieur de ces plaques une étiquette ronde destinée à se trouver placée sous le pouce de l'opérateur quand celui-ci saisit la plaque entre le pouce et l'index, et la regarde de façon à la voir telle qu'elle doit être sur la projection; sur une des marges de l'épreuve on colle une étiquette de papier blanc sur laquelle on inscrit le titre à l'aide d'une machine à écrire, sur l'autre marge on fixe une autre bande imprimée portant le numéro de la série à laquelle appartient l'épreuve, le nom de l'auteur, etc.

On conserve les épreuves pour projections dans des boîtes de bois, sans rainures, sur les faces desquelles on colle des bandes de molleton épais; les séries sont classées dans ces boîtes et on les sépare par de petites planchettes de la largeur des épreuves, mais un peu moins hautes que celles-ci; on colle également du molleton épais sur ces planchettes.

1479. Pratique des projections. — Les diapositives doivent être préalablement classées et numérotées dans l'ordre suivant lequel elles doivent être projetées; c'est là une précaution indispensable que l'on oublie trop souvent. L'appareil de projection doit être placé sur un support aussi stable que possible : le meilleur support est celui qui a été récemment construit par Molteni. On commence par régler la lumière : on emploie le plus fréquemment la lumière oxhydrique (**A, 1221**), mais on peut utiliser le bec Auer, l'acétylène, la lumière électrique, etc. La lumière oxy-éthérique ne présente pas de causes de dangers si la manipulation se fait correctement. La lanterne doit être placée à une hauteur telle que l'axe de l'objectif horizontal coïncide avec le centre de l'écran. C'est une très mauvaise méthode que d'incliner la lanterne; il est très difficile, dans ce cas, d'obtenir un parallélisme rigoureux entre la diapositive et l'écran de projection; ce défaut de parallélisme se traduit par une déformation de l'image. On a renoncé à peu près complètement au dispositif qui consiste à montrer les projections par transparence, parce que dans ce genre de projections il est assez difficile d'éviter qu'il ne se forme sur l'écran un espace brillant visible pour tous les spectateurs; de plus, cette disposition exige presque toujours l'emploi d'objectifs à court foyer qui déforment souvent les diapositives les mieux faites. L'écran de calicot blanc sera frotté avec de la magnésie de façon à augmenter son pouvoir réflecteur; l'écran ainsi préparé réfléchit tout autant qu'une surface plâtrée à neuf, surfaces que l'on trouve disposées à cet effet dans certaines salles de conférences.

Les systèmes optiques doivent être à la température de la salle dans

laquelle se font les projections; si le condensateur et l'objectif sont à une température inférieure à celle de la salle, l'humidité se condense à la surface des verres, et cette buée fait pâlir ou même disparaître complètement l'image. Le même inconvénient se produit si le verre des objectifs ou du condensateur est couvert de poussières : on essuie ces poussières avec une toile fine. L'emploi de la trousse d'objectifs à projections de Molteni[1] permettra d'opérer dans les conditions de recul les plus défavorables.

Le châssis qui contient les épreuves à projeter doit être disposé pour recevoir deux diapositives, de telle sorte que l'écran soit toujours couvert par une image; la *projection en blanc*, c'est-à-dire le passage du châssis sans épreuve, doit être absolument évité.

§ 4. — Stéréoscope.

1480. Matériel. — Les objectifs anastigmatiques de tous les bons constructeurs sont actuellement les plus employés pour produire les épreuves stéréoscopiques; mais il n'existe qu'un très petit nombre d'instruments permettant d'obtenir des images de monuments très rapprochés. Si l'on examine la plupart des catalogues d'opticiens, on constate que les objectifs de foyer le plus court pour couvrir la plaque de 70 × 70 millimètres sont ceux ayant 60 à 70 millimètres de foyer, ce qui correspond à un angle de 55 à 60° environ, sous-tendu par le plus grand côté de la plaque. Dans certains cas, pour la reproduction des intérieurs, monuments rapprochés, cette distance focale est trop longue. Lacour a construit sur notre demande des périgraphes anastigmatiques ayant environ 45 millimètres de foyer et couvrant nettement un champ circulaire de 120 millimètres. Ces objectifs sont très précieux dans le cas où l'on *manque de recul*, c'est-à-dire lorsqu'on ne peut s'éloigner suffisamment du sujet à photographier.

Zeiss a établi pour le stéréoscope des trousses de lentilles simples anastigmatiques[2] qui peuvent être employées seules ou bien être combinées deux à deux et donner soit des aplanats anastigmatiques ordinaires, soit des aplanats anastigmatiques symétriques; il suffit dans la pratique de trois paires de lentilles simples de 10, 12 et 16 centimètres. Les diverses combinaisons que l'on peut faire avec ces lentilles employées deux à deux ou isolément sont, en millimètres :

58, 65, 72, 75, 85, 97, 100, 120, 160.

Lorsqu'on dépasse le foyer de 160 millimètres, les lentilles ordinaires à paysages sont très suffisantes pour l'obtention des images stéréoscopiques, l'angle utilisé étant alors très faible.

La plupart des obturateurs peuvent être modifiés de façon à servir accouplés pour les objectifs. Plusieurs constructeurs, parmi lesquels il convient de citer Thornton-Pickardt et Berthiot, ont établi des obturateurs spéciaux pour chambres stéréoscopiques. L'obturateur planchette de Berthiot (voir fig. 115, p. 174) est remarquable par son faible volume. Le plus souvent,

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 540. — 2. *Revue suisse de photographie*, 1894, p. 305.

pour ne pas modifier le centrage des objectifs à court foyer, centrage qui est souvent délicat, on a intérêt à utiliser les obturateurs à rideau (p. 171) placés contre la plaque sensible.

Les chambres noires employées pour le stéréoscope doivent permettre l'utilisation d'objectifs à très court foyer, et dans ce but il est bon que l'avant de l'appareil soit fixé à la base, la mise au point se faisant par l'arrière, ou tout au moins que l'arrière puisse se placer à une très faible distance de l'avant; la planchette qui porte les objectifs doit pouvoir s'élever ou s'abaisser de plusieurs centimètres.

1481. Écartement des objectifs. — L'écartement des centres des deux objectifs doit autant que possible être variable; mais, dans la plupart des cas, il suffit qu'il soit égal à la moitié de la longueur de la plaque utilisée. Ce n'est que dans le cas de photographies d'objets très rapprochés ou très éloignés (auquel cas on emploie deux chambres noires) qu'il y a lieu de modifier cet écartement; on le règlera, suivant le but à atteindre, d'après la formule qu'a fait connaître M. Cazes[1]. Soit Δ l'intervalle des objectifs, δ l'intervalle des yeux, qui est en moyenne de 6 à 7 centimètres, D la distance aux objectifs du premier plan de front du sujet, d la distance aux yeux du premier plan de front de l'objet reconstitué, qui ne peut être inférieure à la distance minimum de la vision distincte, P la dimension en profondeur du sujet ou la distance qui sépare ses deux plans de front extrêmes, p_0 la dimension en profondeur de l'objet reconstitué, on doit avoir :

$$\frac{D}{d} = \frac{P}{p_0} = \frac{\Delta}{\delta};$$

de plus, la distance aux yeux des épreuves qu'on regarde au stéréoscope doit être égale aux foyers conjugués des objectifs employés. Lorsqu'il s'agit de photographier des paysages, on peut se proposer ou bien de donner l'illusion de ce que l'on voit soi-même du point où l'on s'est placé, ou bien de produire une reconstitution dans laquelle le relief s'impose le plus possible. Dans le premier cas, on prendra comme distance des objectifs 6 à 7 centimètres, puisque $\Delta = \delta$; le premier plan sera au moins à 3m30; dans le second cas, on fait la base Δ aussi grande que possible; mais comme

$$\frac{\delta}{d} = \frac{6{,}5}{330} = \frac{1}{50},$$

on fera

$$\frac{\Delta}{D} = \frac{1}{50}.$$

On prendra pour base ou intervalle des objectifs le cinquantième de la distance de la base au premier plan de front du sujet.

S'il s'agit de photographier un objet de profondeur finie et mesurable P, dont on peut s'approcher ou s'éloigner à volonté et dont on désire une reconstitution grandeur naturelle, on a $P = p_0$; la distance des objectifs sera égale à δ et d sera déterminé par la relation

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d \times p} = \frac{1}{330}.$$

1. *Stéréoscopie de précision*. Michelet, 1895.

Si l'on ne tient pas à l'égalité des dimensions et si l'on désire que le relief soit le plus vif et le mieux réparti possible, on fera $\frac{\delta}{d} = 5$, $D = 10P$ et $\Delta = 2P$; enfin, s'il est impossible de modifier la distance des chambres à l'objet, on calculera $\frac{P}{D}$, on déterminera d, et le rapport de cette grandeur à l'intervalle des yeux δ donne le rapport de D à l'intervalle Δ des chambres : c'est la quantité que l'on cherche.

Ces conditions d'écartement des objectifs ne sont en réalité bien[illegible]utiles

Fig. 213.

Fig. 214.

que lorsque l'on veut faire de la stéréoscopie de précision. Dans la pratique, il suffit que les axes des objectifs aillent rencontrer en leur milieu chacune des moitiés de la glace sensible; par conséquent, si l'on adopte le format 13 × 18 pour les stéréoscopes, les objectifs seront à l'écartement de 9 centimètres. Dans le montage des positives, on ramène la distance des points principaux à n'être que de 6 à 7 centimètres; s'il y a lieu de donner un écartement de plusieurs mètres aux objectifs, on fera les deux poses successivement.

Dans tous les appareils à main, la distance qui sépare les deux objectifs

Fig. 215.

est invariable, les deux objectifs étant actionnés par le même obturateur; les diaphragmes sont des diaphragmes tournants. Si l'on emploie les diaphragmes iris, il est bon que les anneaux qui actionnent les lamelles de l'iris soient reliés par une bielle permettant de donner des ouvertures identiques aux deux objectifs. (Voir *fig. 174*, p. 215.)

Un des appareils les plus pratiques est le vérascope de J. Richard (*fig. 213*), permettant d'obtenir des épreuves du format 4,5 × 4,5 centimètres ; les deux épreuves sont sur plaques minces de la dimension 4,5 × 10,7 centimètres. Le même constructeur a établi sous le nom d'homéoscopes des appareils dans lesquels les plaques sont du format 6 × 6,5 centimètres ou

Fig. 216.

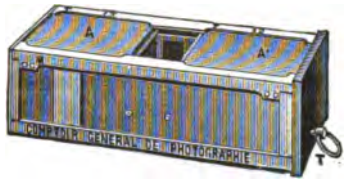


Fig. 217.

8 × 9 centimètres ; cet appareil permet une mise au point pour les objets situés de 2 mètres à l'infini.

Le modèle de chambre stéréoscopique construit par M. Van Neck (*fig. 214*) présente extérieurement la forme d'un coffret ; cette forme rectangulaire est adoptée par le Comptoir général de photographie, qui munit cet appareil d'un magasin à plaques P (*fig. 215*) du système Hanau.

La photo-jumelle stéréoscopique Carpentier (*fig. 216*) porte un viseur B

Fig. 218.

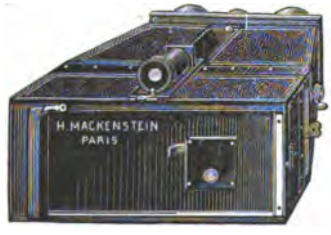


Fig. 219.

entre les deux objectifs. Pour effectuer le changement des plaques (du format 6 × 6 centimètres) qui doivent passer sur le trajet des rayons lumineux traversant le viseur, M. Carpentier a adopté un système d'obturateur spécial à contrepoids qui vient d'une façon automatique empêcher tout passage de lumière lorsque la jumelle est dans la position voulue correspondant au changement des plaques qui sont placées dans de petits châssis métalliques A et A′ (*fig. 217*) disposés dans un magasin à tiroir ; les deux

plaques, après la pose, sont escamotées successivement, ce qui nécessite deux mouvements de la tirette T.

La jumelle stéréoscopique de M. Mackenstein (*fig. 218* et *219*) est munie d'un viseur extérieur; l'obturateur se place entre les lentilles de l'objectif. Le changement des plaques exposées s'effectue à l'aide d'un châssis-magasin (*fig. 220* et *221*) indépendant de la chambre noire; ces magasins peuvent coutenir dix-huit plaques simples et permettent d'obtenir neuf négatifs stéréoscopiques doubles. La mise au point du sujet s'effectue à l'aide d'une crémaillère placée à l'avant de l'appareil. L'escamotage se fait au moyen d'un rideau de fermeture dont chaque mouvement de va-et-vient a pour effet de faire avancer la plaque impressionnée [1].

La simili-jumelle stéréoscopique de M. Zion est construite pour opérer sur plaques du format 7 × 15 centimètres ou 9 × 18. Les châssis porte-

Fig. 220.

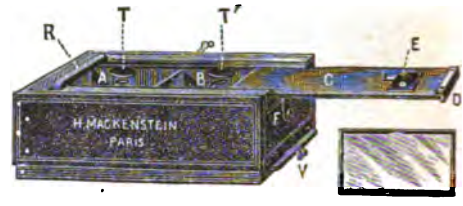


Fig. 221.

plaques sont très légers et se placent dans un magasin à sac de peau permettant un changement rapide des plaques. Ce magasin peut être séparé de l'appareil et remplacé soit par un nouveau magasin contenant des plaques non exposées à la lumière, soit par une glace dépolie qui se glisse à la place de ce dernier et qui, grâce à une crémaillère, permet d'obtenir une mise au point très exacte des objets rapprochés. La partie antérieure de l'appareil est guidée à l'aide de coulisses en cuivre qui maintiennent le parallélisme de cette partie et de la glace sensible.

MM. Poulenc ont établi sous le nom de « Formosa » une chambre noire permettant d'obtenir des épreuves simples du format 13 × 18 ou des épreuves stéréoscopiques du format 9 × 13. La partie antérieure portant les objectifs est mobile sur une base graduée qui permet d'effectuer très rapidement la mise au point. Quand on se sert d'objectifs à très court foyer, cette base peut se rabattre, de telle sorte que la partie antérieure de l'appareil ne masque pas les premiers plans; quand on emploie, au contraire, des objectifs à long foyer, un système de croisillon en cuivre coulissant autour d'un bouton de serrage assure la rigidité de l'appareil et le parallélisme de l'avant et de l'arrière [2].

La chambre stéréoscopique construite par M. Gillon est aussi du format 13 × 18 et présente une partie antérieure mobile. Un système d'arrêt permet le montage et la mise au point automatique de l'appareil en moins de deux secondes; la planchette qui porte les objectifs est munie de deux disques

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 595. — 2. *Ibid.*, 1894, p. 97.

en laiton qui, par leur mouvement de rotation, permettent de rapprocher ou d'éloigner les objectifs.

Dans le vélocigraphe stéréoscopique de M. Hermagis [1], la cloison qui sépare les deux images est très rapidement mobile, afin de permettre la chute de la plaque ; cette cloison est solidement fixée sur l'axe d'une ancre qui assure son échappement en même temps que celui de la dent qui laisse tomber la plaque. Dans l'appareil de MM. Bardin, la cloison stéréoscopique pivote autour d'un axe placé dans le plafond de la chambre noire, ce qui permet l'escamotage de la plaque.

M. Joux, M. Pipon, M. Echassoux ont construit des appareils à main pour épreuves stéréoscopiques dont le fonctionnement est analogue à celui de leurs appareils simples.

L'emploi de deux miroirs placés devant l'objectif et dont les surfaces se coupent suivant une verticale a été indiqué comme pouvant fournir, avec une chambre ordinaire, des négatifs stéréoscopiques. Les miroirs sont montés dans un cadre et pourvus à la base d'un bras mobile qui se fixe au bas de la façade antérieure de la chambre noire, sous l'objectif. Pour obtenir une photographie stéréoscopique avec cet appareil, la chambre noire munie d'un seul objectif ne doit pas être placée dans la position qu'elle occupe ordinairement ; c'est le transmetteur qui doit faire face à la vue à reproduire, tandis que la chambre noire vient occuper une position perpendiculaire à celle des miroirs [2].

1482. Impression et examen des épreuves stéréoscopiques. — L'impression des épreuves stéréoscopiques s'effectue sur papier ou sur verre ; les épreuves sur papier sont collées sur carton en prenant la précaution d'inverser les images (A, **1231**).

On trouve actuellement dans le commerce des papiers préparés au collodio-chlorure d'argent dont l'emploi est très commode lorsque les négatifs sont exactement de la dimension que doit présenter l'image terminée. Ce papier s'emploie comme tous les papiers aux sels d'argent ; on prend seulement la précaution d'imprimer jusqu'à ce que les blancs de l'image commencent à se teinter, on reporte ensuite l'épreuve sur verre recouvert d'une mince couche de gélatine insolubilisée par le bichromate de potasse, on enlève le papier et l'excès de gélatine par lavage à l'eau très chaude. Si l'on tient à avoir l'image dans son vrai sens, la couche portant l'image étant en dehors, on fait un report provisoire sur papier recouvert de vernis au caoutchouc ; lorsque l'épreuve est séparée d'avec son premier support on la reporte sur verre.

Les épreuves les plus fines s'obtiennent par l'emploi du procédé à l'albumine pure ou du procédé Taupenot. Les procédés du collodion sec, des émulsions au coton-poudre fournissent des images un peu moins nettes que celles obtenues par l'emploi de l'albumine (II, **258**), mais présentant une finesse incomparablement plus grande que celle que l'on obtient avec les glaces au gélatino-bromure d'argent du commerce. La plupart des stéréoscopes étant munis d'un verre dépoli, il est le plus souvent inutile de

1. *Bull. Soc. franç. de phot.*, 1893, p. 361. — 2. *Photo-Gazette*, 1896, p. 199.

monter l'épreuve contre un verre dépoli ; d'ailleurs, le grain de ce verre présente souvent un effet désagréable ; aussi vaut-il mieux le remplacer par un verre recouvert d'une couche d'émulsion à l'oxyde de zinc ou au sulfate de baryte. On peut aussi remplacer la gélatine par du collodion tenant en suspension certaines matières insolubles et diversement colorées (carbonate de plomb, de cuivre, oxyde de fer, etc.). On obtient ainsi un verre opale qui ne produit pas les effets *neigeux* que donne souvent le verre dépoli lorsqu'on l'applique contre des épreuves présentant une certaine dureté.

Si l'on veut examiner des épreuves stéréoscopiques à relief exact, il est indispensable que ces épreuves soient accompagnées de renseignements indiquant la façon dont elles ont été prises. M. Cazes[1] indique : 1° la longueur focale conjuguée des objectifs employés, et s'il y a eu agrandissement ou réduction, la longueur focale conjuguée de l'objectif qui aurait directement fourni les épreuves de la dimension définitive qu'il faut connaître ; 2° la position des points principaux qui en général ne sont pas au centre des images ; on les détermine en faisant impressionner la plaque sensible au moment de la pose par quatre appendices situés sur ses bords et suivant l'objectif dans ses divers décentrages. La droite qui joint deux de ces repères indique la ligne d'horizon principale, dont l'intersection avec la droite qui joint les deux autres repères donne le point principal ; 3° le rapport $\frac{\Delta}{D}$ entre l'écartement des points de vue ou les objectifs et leur distance au premier plan de front du sujet. Ces données étant connues, l'observateur mesurera une fois pour toutes l'écartement de ses yeux δ, puis il calculera la distance d du premier plan de front de l'objet reconstitué ; pour cela il multipliera l'intervalle de ses yeux par l'inverse du rapport $\frac{\Delta}{D}$. Les épreuves devront être examinées à l'aide de lentilles dont la longueur focale soit telle que les valeurs principales de l'accomodation et de l'angle visuel se correspondent.

Si les épreuves sont telles qu'on puisse rapprocher leurs points principaux à la distance δ, il suffira de les mettre sur un même plan à une distance des yeux égale à la longueur focale principale et les regarder avec les verres convenables dont le choix a été fait comme nous venons de le dire.

Si les épreuves sont trop grandes pour qu'il soit possible de rapprocher les points principaux à une distance égale à l'intervalle des yeux, il faut transformer les épreuves en images virtuelles : c'est « à quoi l'on parvient par l'emploi du stéréoscope à deux couples de miroir parallèles. » Cet instrument a été perfectionné et rendu très pratique par M. Cazes. Le nouveau modèle construit par M. Pellin est réglable à volonté et peut embrasser un grand champ angulaire sans déformation ni défaut d'achromatisme.

MM. Carpentier et Gaumont ont construit un stéréoscope inverseur qui dispense de transposer les deux éléments de la photocopie et par conséquent de couper l'original si l'impression ne se fait pas à l'aide d'un châssis spécial. Ce stéréoscope est muni de deux prismes à réflexion totale ; lorsqu'on retire les deux prismes et leur monture, le stéréoscope devient sem-

1. *Stéréoscopie de précision.*

blable aux instruments ordinaires et permet l'examen des images transposées ou inversées. A cet effet, les prismes sont montés sur des tubes qui se glissent à frottement doux sur les tubes qui portent les oculaires.

M. A. Buguet a montré, en 1891, qu'on pouvait voir en relief des projections d'images stéréoscopiques naturelles projetées sur un écran. On arrive à les superposer à l'aide de deux prismes que le spectateur place devant ses yeux; mais il faut des prismes d'un angle déterminé et, de plus, on doit chercher, en s'éloignant plus ou moins de l'écran, l'endroit d'où l'effet est le meilleur. M. le colonel Moessard a imaginé une stéréo-jumelle reposant aussi sur l'emploi de deux prismes; mais la disposition donnée aux images et aux prismes est différente. Les images parasites sont masquées et l'angle de déviation est variable de façon à permettre aux spectateurs de constater l'effet stéréoscopique quelle que soit la distance qui les sépare de l'écran [1].

M. Drouin a repris la construction du stéréoscope à éclipses imaginé par d'Almeida, appareil qui était destiné à examiner les épreuves par projection. Le stéréoscope de M. Drouin se prête à l'examen des épreuves sur papier. Il se compose d'un tambour opaque, à axe horizontal, pouvant tourner rapidement autour de cet axe; l'épreuve droite et l'épreuve gauche du stéréogramme sont collées dos à dos sur le même carton et en sens inverse l'une de l'autre; ce carton est monté dans le tambour suivant un plan diamétral et de façon à tourner avec le tambour. Celui-ci est percé de deux fenêtres étroites diamétralement opposées et situées dans un plan perpendiculaire à celui de l'épreuve. Ces deux fentes ne sont pas comprises entre les mêmes plans perpendiculaires à l'axe du cylindre : l'une se trouve à l'extrémité gauche de la génératrice qui lui correspond, l'autre se trouve à l'extrémité droite de la génératrice diamétralement opposée. Les distances et les longueurs de ces fentes sont déterminées de telle façon que l'œil gauche ne puisse voir que l'image gauche et l'œil droit l'image droite. L'épreuve est éclairée par une forte source de lumière extérieure, comme le soleil, ou un faisceau de lumière artificielle très intense; si les épreuves sont de teinte un peu foncée, il est très difficile d'arriver à un éclairement convenable [2].

1483. Anaglyphes. — Au lieu d'imprimer les deux épreuves sur feuilles distinctes, on peut, comme l'a indiqué M. Ducos du Hauron [3], superposer leurs impressions en employant pour chacune une couleur différente. Les images sont alors examinées au travers de deux verres diversement colorés, un pour chaque œil. L'épreuve droite, dont les ombres sont imprimées en couleur sur fond blanc, doit être invisible à travers l'écran gauche qui ne doit laisser passer que l'effet d'un tableau uniformément éclairé et teinté; elle doit, au contraire, paraître vigoureuse à travers l'écran droit; de même l'épreuve gauche ne pourra être vue qu'à travers l'écran gauche et disparaîtra en clair à travers l'écran droit. Ces deux couleurs ne sont pas étendues par teintes plates empruntant leur modelé à un dessin noir, mais elles sont graduées l'une et l'autre en teintes et demi-teintes constituées par leur propre substance, avec exclusion absolue du noir.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, pp. 154, 553. — 2. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1895, p. 649. — 3. Brevet français, n° 216,465, 15 septembre 1891 : *estampes, photographies et tableaux stéréoscopiques produisant leur effet en plein jour sans l'aide du stéréoscope.*

Les anaglyphes peuvent être classés en deux catégories : les *anaglyphes noirs*, les *anaglyphes polychromes*. Les premiers, bien que constitués par deux images en couleur, forment à la vue, à travers le binocle bichrome, une image en une teinte sombre voisine du noir. Les anaglyphes polychromes ou *stéréochromes* sont constitués par trois images en couleur dont deux sont perçues par un œil, la troisième par l'autre œil, et déterminent la sensation du relief unie à la sensation de la couleur.

Si les anaglyphes noirs doivent être examinés par projection, on prendra comme pigment formant l'image la laque de garance et le bleu de Prusse; on les examinera au travers d'un verre rouge rubis ou d'une feuille de celluloïd ou de gélatine mince colorée avec du ponceau d'aniline; l'autre verre sera de la teinte bleu-turquoise et, au besoin, on superposera plusieurs de ces verres ou bien on emploiera une pellicule de gélatine colorée avec du bleu de Prusse.

Pour obtenir les anaglyphes polychromes, on établit deux monochromes, l'un rouge, l'autre jaune, destinés à la perspective de l'œil droit. Ils sont superposés identiquement, c'est-à-dire avec concordance complète de toutes leurs lignes : le monochrome bleu correspondra à la perspective de l'œil gauche; on l'imprime au-dessus de la première image rouge-jaune en la faisant chevaucher avec un écart facultativement plus ou moins grand, suivant qu'on veut faire apparaître la polychromie réduite et en avant de la surface, ou qu'on veut la faire apparaître amplifiée et au delà de cette surface. L'œil droit est muni d'un verre bleu turquoise et l'œil gauche d'un verre rouge rubis. Si l'on imprime sur papier, les couleurs employées doivent être, en ce qui concerne la perspective de droite, d'abord le jaune de chrome sur laquelle on imprime l'image formée par la laque de garance; la troisième image est imprimée avec du bleu de Prusse. Pour les épreuves transparentes, il faut remplacer le jaune de chrome soit par des positives au chlorure d'argent non virées et fixées au sulfocyanure d'ammonium, soit par des gélatines colorées au picrate d'ammoniaque, gélatines que l'on obtient par photoplastographie; ce procédé est précieux pour obtenir ces stéréogrammes coloriés.

On peut aussi disposer les couleurs de la façon suivante : l'image rouge et l'image bleue sont employées pour la perspective de l'œil A, l'une et l'autre étant vues par l'œil A armé d'un verre jaune, tandis que l'image jaune appartient à la perspective de B et est vue par cet œil armé d'un verre bleu violet.

Une troisième solution consiste à employer pour la perspective de l'œil A l'image jaune et l'image bleue, vues l'une et l'autre par cet œil armé d'un verre rouge pourpre, tandis que l'image rouge appartient à la perspective de B et est perçue par cet œil armé d'un verre vert.

M. Ducos du Hauron a constaté qu'étant donnés deux phototypes stéréoscopiques, l'un D créé par la lumière verte, l'autre G créé par la lumière rouge orangé, si le premier de ces phototypes est imprimé en rouge et le second en bleu, le premier étant examiné au travers d'un verre bleu turquoise et le second au travers d'un verre rouge rubis, il peut arriver que ces deux images donnent la sensation d'une polychromie complète sans la coopération du monochrome jaune.

M. Drouin a construit un stéréoscope à double réflexion totale qui permet

d'examiner les épreuves montées à la façon habituelle et celles qui ne sont pas transposées : il consiste en un seul prisme à base quadrangulaire irrégulière qui se place devant un œil et a pour fonction de dévier l'image correspondante.

BIBLIOGRAPHIE.

CAZES (L.). *Stéréoscopie de précision.*
DROUIN (F.). *Le Stéréoscope et la photographie stéréoscopique.*
DUCOS DU HAURON. *La triplice photographique des couleurs.*
FOURTIER (H.). *Les Positifs sur verre.*
— *La pratique des projections.*
— *Les Tableaux de projections mouvementés.*
FOURTIER et MOLTENI. *Les Projections scientifiques.*
TRUTAT. *Traité général des projections.*
VIDAL. *Photographie des couleurs.*

LIVRE V.

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

§ 1. — MICROPHOTOGRAPHIE.

1484. Appareils. — M. Lemardeley a construit un appareil de photomicrographie qui s'adapte, comme un objectif ordinaire, aux chambres noires photographiques. Il se compose d'un objectif de microscope en avant duquel sont placés un porte-objet et un condensateur à verres colorés donnant un éclairage monochromatique. La préparation se place sur un porte-objet fixe, et la mise au point se fait, comme dans tous les microscopes, à l'aide d'une vis micrométrique.

Zeiss a établi un nouveau modèle de chambre noire microphotographique. La chambre, très rigide et très légère à la fois, est fixée à une tige verticale susceptible de prendre toutes les inclinaisons possibles autour de cette verticale; l'appareil est destiné à tous les supports du microscope, mais surtout aux modèles II*a* et IV*a* de ce constructeur; il donne, d'ailleurs, de très bons résultats avec tous les microscopes.

M. Frémont[1] a insisté sur l'utilité qu'il y avait pour la photographie des objets opaques à envoyer la lumière par le tube même de l'objectif, ce dernier faisant office de condensateur, comme cela a lieu lorsqu'on utilise un *vertical illuminator* quelconque (IV, **898**). Cette disposition, comme l'a montré M. Marey, est très importante pour la chronophotographie microscopique.

Le Dr Fayel, pour photographier les objets opaques, dispose l'objet à photographier en avant d'une chambre noire munie de son objectif photographique : le principe de la méthode consiste à substituer à l'objet lui-même son image aérienne fournie par un bon objectif.

La mise au point des objets microscopiques peut se faire facilement si au lieu d'employer une glace dépolie on utilise une glace recouverte d'une émulsion au sulfate de baryte[2]. M. Max Toch a fortement recommandé ce procédé.

1. *Comptes rendus*, 1895, p. 323. — 2. *The Amateur photographer*, 7 juillet 1893.

M. W. Gifford utilise, avec les diverses sources de lumière, une cuve contenant une dissolution de vert malachite. Avec cette lumière, il n'est pas nécessaire d'employer les plaques orthochromatiques, il suffit de se servir de plaques ordinaires suffisamment rapides D'autres opérateurs[1] préfèrent, comme nous, utiliser les plaques orthochromatiques en interposant sur le trajet des rayons lumineux des cuves contenant des solutions colorées. Les meilleures dissolutions à employer ont été indiquées par le Dr Neuhauss (IV, **891**).

M. Yvon[2] a fait observer que pour tous les travaux micrographiques il est utile de disposer d'un banc de fonte d'un poids considérable, reposant sur des pieds massifs, que l'on peut placer sur des pavés de caoutchouc : on évite ainsi l'influence des trépidations, très nuisibles à la netteté des images.

M. de Wildemann a insisté sur les avantages que l'on peut retirer de l'emploi de l'appareil à projection du Dr Edinger[3]. Cet appareil permet de dessiner ou de photographier des préparations microscopiques sous un faible grossissement. La maison Leitz, de Wetzlar, construit cet appareil spécialement pour la photographie. La chambre noire est munie latéralement d'un petit volet; par l'ouverture, la mise au point peut se faire sur un papier blanc remplaçant le verre dépoli; lorsque la mise au point est faite, on remplace le châssis à papier blanc par un châssis contenant la plaque sensible.

Le Dr Van Heurck a étudié la lumière de l'acétylène et les avantages que présente la flamme de ce gaz pour la photomicrographie; il a trouvé que les temps d'exposition, lorsqu'on emploie une lampe à incandescence, la lumière de l'acétylène ou celle du pétrole, varient comme les nombres 1, 2, 6. M. W.-H. Walsmley a trouvé que l'emploi de cette lumière constituait l'éclairage idéal pour la photomicrographie[4]. M. C. Fox[5] a obtenu de très bons résultats par l'emploi de cet éclairage.

Pour photographier les préparations microscopiques dont les dimensions sont un peu considérables, M. W. Forgan[6] trouve avantageux d'employer un objectif simple à paysages, diaphragmé au 16e du foyer; la préparation est éclairée par la lumière diffusée au travers d'un verre dépoli. On peut employer la flamme du magnésium.

1485. Procédés à employer. — Le procédé photographique auquel on a recours le plus souvent est le procédé du gélatino-bromure, à cause de la rapidité avec laquelle l'image peut être obtenue. On doit donner la préférence aux plaques orthochromatiques ou aux panchromatiques, et s'il s'agit d'obtenir un agrandissement du négatif, on devra utiliser les émulsions au collodio-bromure, les plaques étant orthochromatisées par l'éosinate d'argent. Ces plaques ne se conservent pas longtemps, mais elles donnent des images extrêmement fines et sont d'une rapidité suffisante, surtout si l'on utilise la lumière solaire.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 241. — *Ibid.*, 1896, p. 215. — 3. *Bulletin de la Société belge de microscopie*, 1894-95, nos 7-9, p. 132, — 4. *Amer. Micr. Journal*, 1895, XVI, p. 369. — 5. *Journal Roy. Micr. Soc.*, 1896, p. 354. — 6. *Journ. Roy. Micr. Soc.*, 1896, p. 249.

§ 2. — Photographie astronomique.

1486. Photographie des étoiles. — Dans sa quatrième réunion, le Comité international de la Carte du ciel a adopté un certain nombre de résolutions parmi lesquelles il convient de signaler celles relatives aux mesures. Ces mesures, pour ce qui concerne le catalogue photographique, doivent être dirigées de manière que l'erreur probable ne dépasse jamais 0",20. Chaque observatoire aura la liberté de choisir la position des étoiles de repère dans les catalogues qui lui paraîtront les plus convenables. Les observatoires pourront déterminer la grandeur des étoiles soit en les mesurant, soit en les estimant.

Le Comité a admis comme mode de reproduction de la Carte la photoglyptographie sur cuivre d'après les négatifs à trois poses agrandis deux fois. Les observatoires feront leurs diapositifs sur verre par contact, dont l'un sera déposé au pavillon de Breteuil, siège du *Bureau international des poids et mesures*.

M. D. Gill a constaté[1] que le nombre des étoiles photographiques augmente rapidement avec la durée de la pose; ce nombre, qui est de 10,000 par degré carré pour une pose de trois heures quinze minutes, atteint 100,000 pour une pose de vingt-quatre heures (pose obtenue en huit nuits différentes). De même M. Russel a constaté qu'une atmosphère troublée provoque une augmentation de la durée de la pose; c'est ainsi qu'une étoile de onzième grandeur, qui par une bonne nuit peut être photographiée en une minute, demande neuf minutes de pose lorsque l'atmosphère est troublée.

M. Schœberlé a établi que les objectifs doubles à portraits (diamètre d'environ 0m15) employés par le Dr Max Wolf, Charlois, etc., donnent en cinq heures de pose toutes les étoiles visibles dans le grand équatorial de Lick; mais ce résultat ne peut être obtenu que par un observateur patient et habile à diriger son instrument[2]. L'emploi des objectifs doubles tend à entrer de plus en plus dans la pratique. A Harward College et à Arequipa, au Pérou, on utilise des objectifs doubles (Petzwal) de 0m20 de diamètre. Ils opèrent rapidement, à tel point qu'un appareil automatique permet de photographier tout l'hémisphère visible en un mois, à raison d'un négatif toutes les vingt minutes. Pour faciliter la comparaison des négatifs, on expose une première série de plaques face sensible en avant, puis dans une seconde série on photographie les mêmes régions du ciel face sensible en arrière. En appliquant les deux négatifs d'une même région gélatine contre gélatine, on peut rapprocher l'une de l'autre les deux images d'une même étoile; toute différence d'éclat et de position est immédiatement mise en évidence. Ce procédé a permis à M. Flemming de découvrir un certain nombre d'étoiles variables et à Miss Wells de trouver une étoile variable, passant de la neuvième à la deuxième grandeur, dans une période de quatre jours.

M. Turner, pour effectuer les mesures sur les négatifs, examine les images à mesurer avec un microscope au foyer duquel est une échelle divisée

1. *Comptes rendus*. — 2. *Astronomical Journal*, n° 338.

sur verre. Ce procédé est un peu moins précis, mais beaucoup plus expéditif que l'emploi des fils micrométriques.

M. Lippmann a imaginé un dispositif nouveau pour enregistrer le passage au méridien d'étoiles faibles. Il substitue à l'instrument méridien un équatorial entraîné par un mouvement d'horlogerie et fait apparaître sur la plaque, à des intervalles égaux, l'image du méridien du lieu : la méthode ne suppose l'uniformité du mouvement de l'équatorial que pendant la durée d'une seconde [1].

L'étude des photographies d'étoiles doubles faites par le P. Hagen à l'observatoire de Georgetown a permis de comparer les résultats obtenus avec ceux donnés par l'héliomètre de Kœnigsberg : la photographie semble conduire à des distances un peu plus petites que celles fournies par l'héliomètre.

1487. Photographies du soleil. — L'état de la photosphère est régulièrement enregistré à l'observatoire de Meudon. Les négatifs obtenus par M. Janssen sont faits avec des temps de pose très courts afin d'obtenir tous les détails de la structure granulaire de la photosphère au détriment de la définition des bords, définition qui n'est utile que pour déterminer la latitude des taches et leur surface.

Pour étudier la chromosphère, M. Deslandres se sert de deux spectrographes : l'un, à fente étroite et à faible dispersion, indique la distribution des vapeurs de calcium dans la chromosphère; l'autre, à fente large et à forte dispersion, se prête à la détermination des vitesses dans le sens du rayon visuel. L'image fixe du soleil est fournie par un sidérostat Foucault. L'appareil composé d'un collimateur, d'un prisme et d'un télescope, est mû par un clepsydre, de manière à enregistrer l'image du soleil par portions successives; un système de leviers communique un mouvement proportionnel à la plaque photographique.

Pour les recherches qui exigent une forte dispersion, M. Deslandres fait usage du quatrième spectre d'un réseau de Rowland. Les facules ou flammes visibles au télescope se révèlent par un renforcement du spectre continu, les nuages de vapeur de calcium par le renforcement et le dédoublement de certaines raies. La netteté des épreuves obtenues par M. Deslandres permet de connaître tous les mouvements généraux de l'atmosphère solaire.

M. Deslandres, photographiant la couronne solaire lors de sa mission à Foundioum, au Sénégal, a constaté le mouvement de rotation de cette couronne : c'est en photographiant sur la même plaque les spectres juxtaposés des parties est et ouest de la couronne qu'il a pu constater, par un déplacement des raies H et K, ce mouvement de rotation. Il a de plus constaté que le spectre de la couronne dans l'extrême ultra-violet s'étend presque aussi loin que le spectre solaire, avec une intensité un peu moindre dans l'ultra-violet [2].

M. Parker [3] a réussi à photographier la couronne solaire à travers des

1. *Photo-Gazette*, 1895, p. 149. — 2. *Annales du Bureau des longitudes*, 1896. — 3. *Engl. Mech.*, 2 janvier 1896.

écrans métalliques, le disque visible ne donnant, dans les mêmes conditions, qu'une couronne très faible.

Pour la photographie de l'éclipse du 9 août 1896, plusieurs observateurs étaient munis d'un appareil appelé *cœlostat*, peu employé jusqu'à présent, et dont M. Lippmann a signalé les remarquables propriétés. L'instrument consiste en un miroir plan fixé à un axe qui est orienté suivant la ligne des pôles et qui fait une révolution en quarante-huit heures. Le plan du miroir est réglé de manière à être parallèle à l'axe de l'instrument : ce miroir renvoie dans une direction fixe les rayons lumineux qui viennent des différents points du ciel. On peut alors installer, suivant cette direction, des appareils qui, restant immobiles, peuvent être de dimensions et de poids tels qu'il serait impossible de les monter équatorialement. La possibilité d'avoir un champ immobile dans une lunette fixe est l'avantage caractéristique présenté par le cœlostat. M. Common a construit trois miroirs de 0^m40 de diamètre pour les cœlostats destinés à l'observation des éclipses.

1488. Sélénéphotographie. — Le Dr Weinek a utilisé le grand équatorial de l'observatoire du mont Hamilton pour obtenir des photographies de la lune. Dans l'hypothèse qu'aucun procédé d'agrandissement ne saurait rendre toute la richesse des détails des originaux, le Dr Weinek s'était décidé à exécuter, d'après les phototypes vus au microscope, des dessins à grande échelle; mais ces dessins, bien que relativement fidèles, sont inférieurs aux épreuves purement photographiques, exécutées par des opérateurs habiles, d'après les négatifs originaux amplifiés de vingt à vingt-quatre fois, et sans aucune retouche.

MM. Lœwy et Puiseux ont abordé le même champ de recherches en utilisant le grand équatorial coudé de l'observatoire de Paris. L'atlas de la lune, commencé à la fin de 1893, a été obtenu en agrandissant photographiquement et sans aucune retouche les épreuves focales. Le diamètre de la lune est d'environ 0^m171, les originaux sont plus grands que ceux de l'observatoire de Lick et leur finesse nous paraît au moins égale à celle de ces derniers. Les épreuves faites à Paris sont incontestablement les plus belles qui aient été produites : elles montrent, comme celles de Lick, bien des détails qui ne sont figurés sur aucune carte. On est en droit d'affirmer la réalité de ces objets, car ils se présentent avec la même forme et la même étendue sur deux négatifs différents. Pour obtenir ces résultats il faut multiplier les poses jusqu'à ce que l'on ait rencontré pour chaque région de la lune, l'éclairage, le temps de pose et les conditions atmosphériques convenables. Il y a là un ensemble de conditions qui ne se réalisent pas souvent dans l'espace d'une année, et c'est à peine si l'on peut compter sous le ciel de Paris une trentaine de nuits favorables à ces sortes de recherches. MM. Lœwy et Puiseux ont commencé la publication de leur atlas, dont nous avons pu admirer les premiers spécimens lors de la réunion du Comité international de la Carte du ciel. Les images focales ont été agrandies quatorze à quinze fois, ce qui donne environ 2^m50 de diamètre à l'image de la lune. L'Académie des sciences de Paris a décerné à M. Puiseux le prix Lalande pour le concours si important qu'il a apporté à M. Lœwy.

1489. Photographie des planètes et des comètes. — M. Stanley

Williams [1], après avoir obtenu un certain nombre de photographies du disque de Jupiter, a pu évaluer la durée de la rotation de cette planète aussi exactement qu'on pourrait le faire par la discussion de mesures micrométriques réparties sur plusieurs années : les images sur lesquelles il a opéré avaient 0m017 de diamètre; les mesures ont été faites à une demi-minute près.

M. Schœberlé a aussi photographié à l'observatoire de Lick la planète Saturne. Il s'est servi d'un télescope Cassegrain, dont le miroir convexe donnait un foyer équivalent de 75 mètres : les images obtenues sont pleines de détails; l'anneau de Saturne présente 0,015 de diamètre.

La durée de la rotation d'une planète étant connue, la vitesse à la surface dépend du diamètre adopté; or, les photographies de spectre donnent directement cette vitesse; par suite elles permettent d'apprécier dans quelle mesure le diamètre apparent est faussé par l'irradiation et la réfraction. M. Bélopolsky a appliqué cette méthode à Jupiter, à Saturne et à son anneau : ses mesures, d'accord avec celles de MM. Keeler et Deslandres, ont montré que sur l'anneau la vitesse est plus grande que sur le disque de Saturne, mais qu'elle décroît de l'intérieur à l'extérieur; il faut donc considérer l'anneau comme formé de particules qui cheminent d'une manière indépendante, résultat démontré antérieurement par les calculs de Tisserand. La discontinuité des lignes dans le spectre de l'anneau, photographié à Lick par M. Campbell [2], semble indiquer plus de divisions que n'en révèlent habituellement les meilleures lunettes.

M. Max Wolf et Charlois ont découvert un très grand nombre de petites planètes. Comme le fait remarquer le Dr Max Wolf (qui n'a jamais vu dans le ciel une seule des planètes dont ses photographies lui ont démontré l'existence) la photographie ne supprime pas l'observation visuelle, mais elle lui donne l'occasion de s'exercer plus utilement et à moins de frais, en indiquant à l'avance la meilleure direction à donner au travail. La photographie a permis de retrouver bon nombre de planètes égarées et de les retrouver assez loin des positions calculées. Il faut avoir travaillé à la Carte du ciel ou à la recherche des planètes par l'observation visuelle pour comprendre combien ces recherches auraient été longues et pénibles s'il eût fallu les faire par les anciens moyens dont disposaient les astronomes [3].

1490. Applications diverses. — M. G. Higgs [4], de Liverpool, a obtenu une carte photographique du spectre solaire qui est probablement la plus complète qui existe. La lumière du soleil, recueillie par un héliostat, était dispersée par un réseau de Rowland. On s'est servi d'une dissolution de bleu d'alizarine pour la reproduction des rayons rouges et d'un écran de quartz argenté pour la photographie de l'ultra-violet. Un écran opaque tournant autour d'un axe vertical sous l'action d'un mouvement d'horlogerie assurait une densité uniforme du négatif dans toute l'étendue du spectre.

La photographie du spectre des étoiles a permis de découvrir les étoiles doubles dont la duplicité ne peut être constatée oculairement, et de déter-

1. *Astron. Nachr.*, n° 3,325. — 2. *Ibid.*, n° 3,313. — 3. *Ibid.*, n° 3,319. — 4. *Astronomy and astro-physic.*, février 1894.

miner les très courtes périodes de rotation de l'une des composantes autour de l'autre.

M. Deslandres a conclu du changement de position des raies de l'étoile *Altaïr* que cette étoile serait au moins triple : l'aspect de certaines lignes métalliques indiquerait d'ailleurs la présence d'une atmosphère, première constatation de ce genre qui ait été faite sur une étoile[1].

M. H.-C. Vogel a fait à Postdam un très grand nombre d'observations spectrophotographiques en vue de déterminer la vitesse des étoiles suivant la ligne de visée. La mesure des spectres stellaires ainsi photographiés est beaucoup plus exacte que celle que donne l'observation directe, et les troubles de l'atmosphère ont dans le même cas une influence beaucoup moins considérable.

Les photographies de spectre des étoiles peuvent s'obtenir par deux procédés distincts. Dans le premier (prisme-objectif), on établit devant l'objectif d'une lunette astronomique un prisme volumineux; le second procédé consiste à faire tomber l'image de l'étoile sur la fente du spectroscope. Le premier procédé donne de beaux spectres, mais ne permet pas la comparaison avec un spectre terrestre juxtaposé; le second se prête, au contraire, à l'emploi d'un spectre terrestre et à la mesure des vitesses radiales, mais nécessite de grands instruments d'un maniement difficile. M. Deslandres[2] a imaginé une méthode mixte des plus ingénieuses : il réunit dans le même appareil un prisme-objectif et un spectroscope à fente, mais en leur donnant le même prisme et la même chambre photographique; le prisme-objectif donne et juxtapose les spectres terrestres. La variation de vitesse d'une étoile à la voisine est représentée par le déplacement des spectres stellaires, diminué du déplacement des spectres terrestres. La photographie peut indiquer si les étoiles ont occupé, pendant la durée de la pose, la même position relativement à la ligne de visée de la lunette, ce qui est indispensable à l'exactitude de la comparaison.

M. E. de Gothard, employant le prisme-objectif, a obtenu de nombreuses photographies des spectres de nébuleuses; MM. Keeler et Campbell ont obtenu des négatifs montrant de nouvelles raies dans le spectre des nébuleuses, en particulier dans celui de la nébuleuse d'Orion[3]. M. Barnard a photographié cette région avec un objectif de 10 centimètres de foyer, de façon à obtenir sur une plaque presque toute la constellation. La photographie montre que la célèbre nébuleuse est entourée d'une nébulosité beaucoup plus vaste et d'un très faible éclat[4].

M. Elkin a construit en vue de la photographie des météores un équatorial portant à la fois plusieurs appareils à grand champ et à court foyer. Les étoiles filantes peuvent laisser sur les plaques des traînées visibles, et les astres fixes donnent en même temps des images nettes pouvant servir à fixer la position des trajectoires.

M. Schœberle a constaté que les négatifs de l'éclipse totale de soleil du 16 avril 1893 montraient une comète nouvelle. M. Perrine, à Prague, a découvert deux comètes à peu de distance l'une de l'autre; ces découvertes

1. *Comptes rendus*, t. CXXI, pp. 629, 632. — 2. *Bulletin de la Société astronomique de France*, déc. 1895. — 3. *Publications de l'observatoire Lick*, III. — 4. *Sirius*, décembre 1894.

sont dues à la photographie. L'étude photographique de la comète de Gale a montré les nombreux changements qu'elle subissait en vingt-quatre heures.

Les observations photographiques permettent de déterminer les variations de grandeur des étoiles; la durée du temps de pose et la nature du développement ont une très grande importance pour ces déterminations : certains astres paraissent d'ailleurs plus brillants photographiquement que par l'observation directe.

§ 3. — Applications a la géodésie.

1491. Appareils. — MM. J. et H. Vallot[1] ont fait construire sous le nom de *phototachéomètre* un appareil photographique destiné au lever photographique des cartes de montagne. Cet instrument remplit toutes les conditions de légèreté, de solidité et de précision que l'on exige des appareils destinés aux travaux de cette nature. Un pied d'une grande stabilité porte une plaque tournante sur laquelle peut se placer un petit théodolite répétiteur et un appareil 13 × 18 en métal et à foyer fixe; sur sa face antérieure très étroite se place un objectif capable de couvrir la plaque 18 × 24 : il peut être monté dans trois positions différentes, soit au centre, soit à quelques centimètres au-dessus et au-dessous du centre. Des repères au voisinage de la plaque sensible portent ombre sur celle-ci et indiquent les traces du plan d'horizon et du plan vertical contenant l'axe optique de l'instrument; l'angle de rotation de la chambre entre deux photographies successives se fait automatiquement et la mise en plaque peut se faire sans verre dépoli au moyen d'alidades montées sur la paroi supérieure de l'appareil.

MM. Starke et Kammerer, de Vienne, ont construit trois séries d'instruments analogues à celui de MM. Vallot. L'un de ces appareils, construit pour M. Hartl[2], comporte un cercle horizontal gradué, un cercle vertical également gradué, la chambre noire étant placée entre les deux.

M. V. Pollak[3] a fait établir par Lechner, de Vienne, un photothéodolithe dans lequel la lunette astronomique est remplacée par la chambre noire photographique munie d'un anastigmat de Zeiss. Bien que cet appareil soit lourd, volumineux et d'un maniement délicat, il a permis d'obtenir rapidement de bonnes cartes[4].

M. O. Ney, constructeur à Berlin, a divisé l'appareil photogrammétrique en deux parties[5] : le théodolithe et la chambre noire. Cette dernière est en aluminium et acajou; les deux formats adoptés sont la plaque 13 × 18 centimètres et celle de 18 × 24. M. Meydenbauer[6] préfère le format 9 × 12 ou le 13 × 18, formats avec lesquels la photographie instantanée est toujours possible en utilisant les objectifs double-anastigmats de Zeiss ou tous les bons objectifs lumineux.

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 54. — 2. *Mittheilungen des k. und k. militar-geographischen Institutes*, 1891, pp. 257, 260; 1892, p. 176. — 3. *Zeitschrift des œsterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereins*. Wien, 1894, p. 489. — 4. *Mittheilungen des k. und k. militar-geograph. Institutes zu Wien*, 1893, p. 33; 1894, p. 10; 1895, p. 14. — 5. *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1894, p. 85. — 6. *Phot. Rundschau*, 1894, n° 2.

C'est surtout dans la haute montagne que la photogrammétrie peut rendre des services, comme l'ont démontré MM. Vallot. M. Ott[1] a construit, d'après les indications du Dr Finsterwalder, un appareil très léger pour le format de plaque 12 × 16 centimètres, muni d'un double anastigmat de Gœrz de 15 centimètres de longueur focale. Cet appareil est à la fois remarquablement léger et d'une stabilité largement suffisante, étant données ses faibles dimensions.

Tous ces instruments constituent des modifications plus ou moins heureuses du théodolite photographique de M. le colonel Laussedat, seul inventeur de la méthode photogrammétrique. Le principe est toujours le même; les détails de construction, détails dont l'utilité est souvent discutable, diffèrent seuls de l'instrument primitivement décrit et construit par Brunner en 1858, à la demande de M. Laussedat. MM. Ducretet et Lejeune ont récemment établi, conformément aux plans de M. Laussedat, un nouveau théodolithe photographique plus en rapport avec les progrès de l'optique et des procédés que ne l'était l'appareil de Brunner.

M. le commandant Legros[2] a fait construire par M. Fleury Hermagis un appareil photogrammétrique qui est avant tout un appareil photographique. Ses organes caractéristiques essentiels sont : une glace quadrillée de précision et une platine supérieure articulée qui, concurremment avec la bascule de la glace dépolie, permet d'amener rigoureusement à la verticale les verticales du quadrillage. Comme tous les appareils similaires, il est monté sur un cercle divisé, pourvu d'un niveau à bulle d'air; mais grâce aux organes spéciaux qui viennent d'être mentionnés, il peut se mettre en station sans le secours d'un théodolite, et cela très rapidement, en utilisant une glace quadrillée de précision qui joue un rôle essentiel. La visée simultanée de deux fils à plomb, placés en avant de l'appareil, aux bords opposés du champ, permet d'amener à la direction verticale, grâce à une platine supérieure articulée, un des systèmes de lignes rectangulaires gravées sur la glace. On fait tourner l'appareil, on examine les images que l'objectif donne des points voisins de l'horizon : on détermine ainsi la ligne d'horizon vraie; on compare ces déplacements à ceux de l'appareil lui-même sur le cercle divisé horizontal qui le supporte, ce qui permet de déterminer la verticale principale et la distance de l'image au point de vue. Au moyen de deux vis de rappel qui permettent de déplacer la glace parallèlement à elle-même suivant deux directions rectangulaires, on amène alors à coïncider avec les lignes fondamentales deux des traits gravés, et des repères mobiles en assurent le report exact sur le négatif.

L'erreur de collimation, qui provient de ce que l'axe de rotation ne passe pas par le point nodal d'incidence de l'objectif, se corrige très simplement sur les minutes; cette erreur est d'ailleurs très faible, le format de l'appareil étant 13 × 18 et la distance focale de l'objectif étant environ 145 millimètres.

Les objectifs de cette longueur focale sont adoptés par la plupart des observateurs; ils fournissent, en effet, un champ assez étendu pour permettre d'avoir effectivement le tour complet d'horizon en six épreuves du

1. *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1895, p. 371; 1896, p. 235. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 269.

format 13 × 18. D'après le Dr Koppe, de Brunswick[1], le collinéaire 1 : 6,3 de Voigtælnder est l'un des meilleurs objectifs que l'on puisse employer pour la photogrammétrie.

1492. Procédés. — Les procédés photographiques employés sont ceux du gélatino-bromure. La finesse des plaques est suffisante pour permettre un agrandissement moyen très utile pour la construction des cartes. On utilise surtout les plaques orthochromatiques avec verre jaune devant l'objectif, de façon à obtenir des lointains très nets et très détaillés, l'objectif étant fortement diaphragmé; on choisit les plaques orthochromatiques lentes, et les temps de pose sont compris entre 30 et 50 secondes.

M. Deville, arpenteur général du Canada, a exécuté à l'échelle de 1/20000 la carte d'une partie des montagnes Rocheuses du Canada. Ce travail a été fait dans des conditions tellement difficiles qu'il eût été impossible de l'exécuter sans le secours de la photographie. Les négatifs du format 12 × 16,5 centimètres ont été faits à l'aide d'un objectif de 152mm5 de foyer; ils ont été agrandis deux fois linéairement, ce qui porte à 305 millimètres la distance du point de vue au tableau pour chacune des perspectives géométriques planes et verticales dont il s'agit. Les résultats obtenus par M. Deville sont peut-être les plus remarquables de ceux qui ont été fournis par la méthode Laussedat, méthode essentiellement française et qui rendrait de grands services à nos explorateurs; mais, il faut le reconnaître, tandis que l'Allemagne, l'Autriche, l'Italie consacrent des sommes considérables[2] à l'enseignement et aux applications de la photogrammétrie, cette belle invention est à peu près complètement délaissée en France.

M. le colonel Laussedat[3] a montré que l'on peut obtenir des mesures topographiques au moyen de deux simples photographies, si l'on connaît nettement la distance focale de l'objectif, ainsi que le pied de la perpendiculaire abaissée du centre optique sur le plan du tableau ou le centre de ce tableau que l'on repère aisément. Il suffit de disposer quatre pointes convenablement placées sur les quatre côtés du bâti de la chambre noire; on cherche le point de convergence ou le point de fuite des perspectives des verticales, on joint ce point au centre de la photographie et l'on mesure la distance de ces deux points. L'inclinaison du plan du tableau est alors l'angle aigu inférieur d'un triangle rectangle dont l'un des côtés de l'angle droit est la distance focale de l'objectif et l'autre la distance mesurée. Toute horizontale du plan du tableau est perpendiculaire à la direction de la ligne menée du point de fuite au centre, et la ligne d'horizon se détermine facilement, car sa distance au centre du tableau est un côté de l'angle droit du triangle rectangle dont l'autre côté est la distance focale de l'objectif, l'angle aigu opposé étant égal à l'inclinaison connue du tableau par rapport à la verticale. Dans le but d'utiliser les photographies au lever de plans, il est bon d'inscrire sur chaque épreuve ou sur le négatif, et cela d'une manière apparente, la longueur focale principale de l'objectif employé.

1. Eder, *Jahrbuch für Photographie*, 1897, p. 247. — 2. Eder, *Ibid.*, 1897, p. 331; *Allgemeine Zeitung*, 1896, n° 258. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 166.

§ 4. — Chronophotographie.

1493. Photographie des projectiles. — M. Boys[1] dispose deux condensateurs, un grand, formé d'une plaque isolante revêtue d'étain sur les deux faces, et un petit, constitué par une bouteille de Leyde. Les circuits sont établis de manière à ce que la balle, en passant, provoque la décharge de la bouteille de Leyde, et l'étincelle produite complète le circuit du grand condensateur, qui donne une étincelle brillante. Cette étincelle projette l'ombre de la balle sur la plaque photographique; la décharge de la bouteille donne une étincelle trop faible pour agir sur cette plaque. La bouteille de Leyde est chargée par le grand condensateur à l'aide d'un fil humide, qui, durant la décharge brusque, se comporte comme un isolant, propriété qui a permis à M. Boys de concentrer sur le point utile toute la décharge du grand condensateur. C'est en employant un procédé analogue au précédent que M. Battoncle a photographié le passage d'une balle à travers une plaque de verre.

1494. Analyse des mouvements. — La photochronographie permet d'analyser toute espèce de mouvements à l'aide d'une série d'images prises à des intervalles réguliers. On peut obtenir ces images soit sur une plaque fixe, le modèle étant sur fond noir ou l'objectif se déplaçant, soit sur plaque mobile avec un seul objectif, et par suite un seul point de vue. Cette dernière solution du problème est théoriquement la plus exacte. M. Marey (IV, **961**; A, **1269**) a d'abord opéré par le premier procédé; mais récemment, dans son chronophotographe à bandes pelliculaires, donnant des images de 9×9 centimètres, il a adopté le second procédé. L'idée première et l'application pratique de la chronophotographie sur plaque mobile appartiennent incontestablement à M. Janssen. Le revolver astrophotographique employé en 1874 pour le passage de Vénus est le type primitif des chronophotographes actuels. Le fusil photographique de M. Marey permettait l'application de la photographie à l'analyse du mouvement des objets terrestres.

Au lieu d'employer une plaque fixe, on peut utiliser une série de plaques séparées, l'image se formant sur chacune d'elles par l'emploi d'un objectif différent, comme le faisait Muybridge, le déclenchement de chaque obturateur étant produit par le courant électrique, ou encore par le passage d'un disque moteur, comme dans l'appareil de M. le général Sébert. Dans l'appareil de M. Londe, appareil à douze objectifs, très habilement exécuté par M. Lucien Leroy, le déclenchement de chaque obturateur s'effectue électriquement, et l'ordre des déclenchements est fixé par la liaison des fils des contacts avec tel ou tel obturateur. Le format de la plaque contenant les douze images est 24×30 centimètres. Ce format est assez grand pour la netteté des images; il est d'ailleurs assez réduit pour que, pratiquement, les images soient comparables, bien que, par suite de la position des divers objectifs, l'objet à photographier ne soit pas vu exactement sous le même angle par chacun des objectifs. Cet inconvénient ne présente une certaine gravité que lorsqu'on opère très près du sujet à étudier[2].

1. *British Association*, Congrès d'Édimbourg, 1894. — 2. Voir : Dr Le Bon, *L'equitation actuelle et ses principes;* P. Richer, *Physiologie artistique.*

Les photochronographies exécutées à l'aide de surfaces sensibles mobiles peuvent être obtenues par l'emploi de plaques ou de pellicules. M. Kohlrausch[1] utilise un appareil à quatre objectifs formant leurs images sur vingt-quatre *plaques* mobiles et placées dans leurs châssis. M. Christophe a imaginé un appareil à un seul objectif dans lequel de longues plaques renfermées dans des châssis métalliques du format 3×24, comportant dix poses, sont amenées successivement devant l'objectif. La pose et l'emmagasinement des plaques s'effectuent par un procédé analogue à celui employé pour le chargement automatique des armes à répétition, le châssis métallique jouant ici le rôle de la douille de la cartouche du fusil. Cet appareil, d'un volume de 4,500 c. c. et d'un poids relativement faible, est l'un des plus pratiques que puissent employer les amateurs.

Parmi les innombrables appareils à pellicules destinés à obtenir des photographies animées, il convient de citer le chronophotographe de M. Marey, le cinématographe de MM. Lumière, celui de M. Demény, le kinétographe d'Edison, etc.

L'emploi de pellicules sensibles, que l'on fait arrêter derrière l'objectif à des intervalles de temps très courts et pendant une minime fraction de seconde, permet d'obtenir un très grand nombre de photographies. Dans l'appareil d'Edison, la pellicule est déroulée d'une façon continue. Elle marche par saccades dans ceux de M. Marey, dans le cinématographe Lumière[2], etc. Chaque période a une durée de 1/15e de seconde; la pellicule reste immobile pendant 2/45e de seconde et emploie à se déplacer le dernier 1/45e.

1495. Synthèse du mouvement. — L'analyse des mouvements étant obtenue par la photographie, on peut en faire la synthèse et obtenir l'illusion du mouvement au moyen de séries de photochronographies par un procédé semblable à celui que Plateau utilisait dans le phénakistoscope. M. Marey a utilisé d'abord le zootrope, puis a construit des images en relief exécutées d'après les attitudes recueillies de trois stations pendant le vol d'un oiseau. Théoriquement, pour éprouver l'illusion du mouvement par le simple examen des chronophotographies, il suffit d'éclairer fortement l'image positive obtenue en utilisant le négatif et de la faire repasser dans l'appareil. Pour obtenir par la persistance des impressions rétiniennes la continuité de la sensation lumineuse, dans l'hypothèse d'un mouvement saccadé dont la période est de 1/15e de seconde, il suffit de faire passer quinze épreuves par seconde. Dans ce cas, la durée d'éclairement pour chacune d'elles est encore assez grande pour qu'il ne soit pas nécessaire d'employer une source lumineuse d'intensité extraordinaire.

En général, le nombre des images est de plusieurs centaines, la durée de l'observation pouvant atteindre plusieurs minutes dans le cas d'un très grand nombre d'images.

Les interruptions nécessaires au changement d'images produisent une espèce de scintillation qui, à la longue, fatigue le spectateur. Pour éviter cette fatigue, M. Gaumont[3] emploie une sorte d'éventail perforé que l'on

1. *Phot. Mittheilungen*, 1894, n° 9. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895, p. 505. — 3. *Ibid.*, 1897, p. 392.

balance devant les yeux et qui permet de supprimer à peu près complètement l'effet des scintillations.

§ 5. — Applications a la physique.

1496. Spectrophotographie. — Pour écarter toutes les causes d'absorption des radiations extrêmement réfrangibles, M. Schumann[1] a construit en spath-fluor toute la portion optique, prismes et lentilles de son spectrographe, et fait le vide dans l'espace qui sépare le système optique de la couche sensible. En utilisant un dépôt de bromure ou de bromoiodure d'argent pur sur lame de verre nue ou recouverte d'une mince couche de gélatine, il a pu obtenir soit dans le spectre de l'hydrogène, soit dans celui de divers métaux, l'image de régions et de raies absolument inconnues jusqu'à ce jour. En étudiant le spectre de l'air, il a reconnu l'existence d'une bande d'action se rapprochant beaucoup, comme énergie photographique et comme étendue, de ce que lui avait donné l'hydrogène. Ce gaz, en couches relativement épaisses et surtout s'il n'est pas parfaitement desséché, absorbe d'une façon notable les radiations les plus réfrangibles.

Le Dr Eder et Valenta ont étudié le spectre de l'argon, et ont publié par la photographie le spectre de cet élément[2]. Le professeur Liveing, de Cambridge[3], a photographié l'étendue du spectre comprise entre $\lambda = 550$ et $\lambda = 214$.

1497. Météorologie. — M. Sigson a obtenu de très belles photographies de flocons de neige. Les flocons, recueillis sur du drap, sont déposés sur un réseau formé de fils de coton tendus au travers d'un trou pratiqué dans une carte; cette carte est placée sur le porte-objet d'un microscope; on éclaire latéralement et de telle façon qu'une moitié du champ soit seule illuminée de façon uniforme; avec un oculaire photographique de Zeiss et un grossissement de quinze diamètres, la pose est de deux à cinq secondes avec les plaques Lumière.

M. Angot[4] a insisté sur l'utilité des plaques orthochromatiques employées avec écran jaune pour la photographie des nuages. L'écran jaune est constitué par une cuve à faces parallèles contenant des solutions de bichromate de potasse additionnées d'acide chlorhydrique. Les plaques Lumière, sensibles au jaune et au vert, les plaques Edwards sont celles qui fournissent les meilleurs résultats. Si l'ensemble des nuages présente de grands contrastes d'ombre et de lumière, il est mieux de développer avec l'acide pyrogallique. On note exactement le jour et l'heure de la pose des nuages, la direction qui correspond à l'axe de l'objectif, et, si cela est possible, on fait deux photographies à trois ou quatre minutes d'intervalle, sans changer de l'une à l'autre l'orientation de l'appareil.

M. Teisserenc de Bort[5] a fait construire un théodolite photographique

1. *Revue générale des sciences*, 1895. — 2. *Académie des sciences de Vienne*, 1896. — 3. *British Journal of Photography*, 1891, p. 356. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 384. — 5. *Ibid.*, 1894, p. 350.

destiné à mesurer la hauteur et la vitesse de déplacement des nuages en grandeur et en direction. Deux appareils de ce genre, installés sur des piliers dont la distance est exactement mesurée, servent à prendre simultanément deux photographies instantanées permettant de calculer trigonométriquement l'altitude et la distance du nuage. Les appareils construits pour les mêmes observations à l'observatoire d'Upsal, sur les données de M. Hildebrandsson, présentent un réticule constitué par deux fils tendus devant la surface sensible.

M. Jennings[1] a obtenu des photographies d'éclairs en se servant d'une simple chambre noire à main. Le champ tout entier de l'image est couvert d'un tissu de lignes irrégulières ressemblant à des branches d'arbre, et parmi elles on remarque une ligne spéciale qui passe à travers les branches.

1498. Enregistrement des phénomènes physiques. — Les enregistreurs photographiques peuvent, dans bien des cas, remplacer l'observateur. MM. Violle et Vauthier les ont utilisés en 1896 pour l'étude de la propagation du son dans les tuyaux cylindriques. M. Chauveau a fait observer que pour éviter les traces de doigts qui pourraient se produire au moment de l'enroulement de la bande de papier sensible, il faut enrouler la bande de papier sur la bobine en mettant la face sensible en dessous. On produit l'impression lumineuse à travers l'épaisseur du papier; cette impression est cependant très nette. L'emploi du papier est très suffisant pour les enregistrements de phénomènes météorologiques; ce n'est que lorsqu'il s'agit de mesures très exactes que l'on a recours à l'emploi de bandes de celluloïd qui donnent des images moins déformées que celles obtenues par l'emploi du papier.

§ 6. — Radiographie.

1499. Rayons Rœntgen. — M. le professeur Rœntgen a constaté qu'une feuille de papier enduite de platinocyanure de baryum s'illuminait jusqu'à 2 mètres de distance d'un tube de Crookes en communication avec une bobine de Rhumkorff; cette illumination du papier se produisait encore quand le tube était enveloppé de papier noir ou de carton. En remplaçant l'écran phosphorescent par une plaque photographique, il constata qu'elle était impressionnée, et l'action de cette lumière produite par des radiations de nature inconnue et qu'il a désigné sous le nom de rayons X se produit malgré l'interposition d'une lame de bois épais, de plaques d'ébonite, etc., tandis qu'une lame de métal n'est pas perméable à ces rayons; en développant la plaque sensible, on trouve l'ombre de la plaque de métal formant un négatif.

MM. Eder et Valenta ont trouvé que, de toutes les préparations photographiques, les plaques sèches au gélatino-bromure extra-rapides sont celles qui fournissent les meilleurs résultats. Les préparations au collodion ne sont pas ou sont très peu sensibles aux rayons X. Depuis peu de temps, MM. Lumière et plusieurs autres fabricants livrent des plaques spécialement préparées en vue de la photographie par les rayons X.

1. *Moniteur de la photographie*, 1892, p. 115.

1500. Procédés opératoires. — Pour obtenir des épreuves radiographiques, il faut disposer d'une source d'électricité, d'une bobine d'induction, d'un tube de Crookes et de plaques photographiques. Un écran fluorescent n'est utile que pour la radioscopie.

La source d'électricité doit fournir un courant continu aussi constant que possible. On peut utiliser des piles primaires, des accumulateurs, une machine électrique d'induction, ou une distribution de courant continu fourni par une usine centrale comme il en existe dans bien des villes; quelle que soit la source choisie, il faut qu'elle puisse donner la puissance maximum que la bobine peut absorber. On pourra adopter 16 éléments au bichromate de 0,2 ohm disposés en deux séries de 8 éléments chacun. Si l'on préfère utiliser les accumulateurs, on disposera de huit accumulateurs ayant chacun 10 kilos de plaques : ils présentent l'avantage de ne dégager aucune odeur. Enfin, le dispositif le plus avantageux consiste à employer des accumulateurs dans le circuit d'une usine centrale; on relie la bobine inductrice aux deux pôles de la série des huit accumulateurs en ajoutant dans le circuit inducteur un ampère mètre et un rhéostat de quelques ohms.

La bobine est destinée à transformer l'énergie électrique qu'on lui fournit sous forme de courant intense à bas potentiel, en énergie électrique à très haut potentiel, mais à faible intensité. On emploiera une bobine donnant des étincelles de longueur supérieure à 10 centimètres. Plus la bobine sera grande, plus on pourra en obtenir d'énergie utile. On fabrique d'ailleurs, depuis peu de temps, des bobines établies spécialement en vue de la photographie par les rayons X; elles sont accompagnées d'un interrupteur périodique destiné à produire une succession d'interruption du courant inducteur et d'un condensateur qui a pour but d'atténuer l'étincelle provenant de la rupture du courant; le condensateur doit être de capacité variable et en raison de l'énergie dépensée dans la bobine.

Un excitateur est un accessoire très utile pour estimer rapidement la longueur des étincelles d'induction; il est installé par le constructeur sur les bobines de modèle les plus récents. Un des meilleurs rhéostats à employer est constitué par des lampes à incandescence groupées en séries ou en dérivation; lorsque la lumière de ces lampes est gênante, on les couvre d'une boîte de bois ou de carton. Les ampères-mètres et les volts-mètres, mesurant l'intensité et la force électromotrice des courants devront être choisis parmi les modèles où l'aiguille oscille le moins lorsqu'elle a été déplacée par le courant. Les interrupteurs et commutateurs seront pris parmi les modèles où le sens du courant est facile à suivre, une erreur sur le sens du courant pouvant mettre vite hors d'usage les tubes de Crookes. L'opérateur peut d'ailleurs établir lui-même des interrupteurs et commutateurs soit à contact solide, soit à mercure.

Les conducteurs devront être assez gros pour porter les plus forts courants en usage (10 ampères) sans s'échauffer. Les conducteurs qui sont destinés à des courants induits de haut potentiel et de faible débit peuvent être très fins. On les fera passer dans des tubes de caoutchouc épais (tubes à vide) de 12 à 16 millimètres de diamètre en ne laissant déborder que ce qu'il faut pour établir les contacts; on n'a ainsi rien à craindre de commotions qui peuvent parfois être dangereuses.

Les tubes de Crookes ou tubes à vide sont en verre aussi transparent

que possible pour les rayons X et sont munis de deux électrodes soudées à leur parois : l'*anode* ou électrode positive et la *cathode* ou électrode négative formée d'un long fil de platine qui se continue à l'intérieur par un disque de platine appelé *anticathode* ou *focus*, d'où le nom de tube focus. Le vide est fait dans l'appareil à un millionième d'atmosphère près. Ces tubes doivent être construits de façon que les rayons cathodiques émis par chaque point de la cathode perpendiculairement à sa surface viennent converger en un même point qui doit être sur la lame anticathodique ou focus. On distingue deux types de tubes : les tubes *faibles* et les tubes *forts*. Les premiers, construits d'abord en Angleterre par M. Jackson, ont été améliorés en France par M. Colardeau et M. Chabot; ils sont disposés de telle sorte que l'on obtient sur l'anticathode une source de rayons X de très petite surface. Ce tube donne les radiographies et les radioscopies les plus fines pourvu qu'il s'agisse de corps de minimes épaisseurs, de substances peu opaques, et la pose est très courte pourvu que les corps ne soient pas trop épais. Avec ces tubes, si les étincelles sont un peu fortes, on arrête le courant au moment où le platine rougit fortement, on laisse refroidir, on fait passer et on arrête de nouveau le courant; on opère ainsi par poses intermittentes.

Les tubes *forts* présentent les dispositions les plus diverses : ils sont souvent munis d'anodes supplémentaires qui diminuent la résistance électrique du tube; ils reçoivent une somme plus grande d'énergie électrique d'une façon continue, ont une puissance plus grande que les tubes faibles, et permettent d'opérer au travers de grandes épaisseurs comme celles du thorax ou de l'abdomen, mais ils donnent moins de finesse.

Il est bon de chauffer les tubes de temps en temps; on se sert d'une étuve portée lentement et progressivement à des températures voisines de 250 à 300°; on laisse refroidir peu à peu.

Les opérations radiographiques peuvent se faire à la lumière du jour ou de tout autre éclairage. La plaque sensible est exposée aux rayons X après avoir pris la précaution de l'empaqueter dans deux doubles de papier aiguille si l'on opère à la lumière du jour; on les conserve dans des boîtes en plomb formées de deux feuilles de ce métal, de 1 ou 2 millimètres d'épaisseur, dont on replie les bords pour obtenir une boîte plate et son couvercle : cette boîte préserve la plaque de l'action des rayons X qui traversent les récipients habituellement employés en photographie.

Le sujet à photographier doit être placé dans une position telle qu'il puisse la conserver sans aucun mouvement pendant toute la durée de la pose. S'il s'agit, par exemple, de rechercher une fine aiguille dans une main, on dispose le sujet de façon que le coude et l'avant-bras reposent sans charge comme la main elle-même, en plaçant le tube (qui sera dans le cas actuel un tube *faible*) à 15 centimètres au-dessus de la table, cette distance étant comptée à partir de la surface anticathodique. On interpose entre la plaque cathodique et la main une feuille très mince de celluloïd ou de toute autre substance capable d'empêcher la sueur d'atteindre la gélatine au travers du papier; cette feuille de celluloïd doit déborder sur les côtés de la table; on la fixe à celle-ci à l'aide de punaises. Dans le cas de poses très longues, on interpose une feuille d'aluminium de 1 ou 2 dixièmes de millimètre pour faciliter la diffusion de la chaleur; lorsque l'immobilité est obtenue on

agit sur l'interrupteur, on ferme le circuit inducteur et on fait la pose. Avec les nouvelles plaques Lumière il suffit de 10 à 15 secondes si l'étincelle est de 10 à 12 centimètres et si l'anticathode atteint la température du rouge. Il est bon d'employer un témoin pour décider de la présence ou de l'absence du corps étranger cherché ; par exemple, si l'on cherche un petit grain de plomb ou une aiguille dans la main, on placera une aiguille ou un anneau de métal sur la surface supérieure de la main ; si l'on reconnaît une silhouette de ces témoins sans trouver le corps cherché, c'est que celui-ci n'existe pas dans la main ; si l'on ne voit ni l'un ni l'autre, on recommence la photographie en éloignant le tube et allongeant la pose.

La méthode radiographique permet de définir le siège d'une anomalie par rapport aux surfaces extérieures : avec deux radiographies convenablement faites on peut connaître, par rapport à trois plans rectangulaires bien définis, trois coordonnées du corps cherché.

Les Drs Eder et Valenta[1] ont obtenu des épreuves stéréoradiographiques dès la publication de la découverte de Rœntgen ; MM. Imbert et Berlin-Sans en ont produit de très remarquables[2] ; MM. Marie et Rabot ont obtenu des images à relief exact par la méthode de M. Cazes[3].

On peut produire les ombres radiographiques sur des écrans fluorescents. Si l'on utilise le platino-cyanure de baryum plusieurs fois cristallisé, le tungstate de soude, le fluorure d'uranyle, et que l'on place l'écran au contact de la plaque sensible, on peut notablement diminuer la durée de la pose. Avec le fluorure d'uranyle, l'écran étant au contact de la plaque sensible, le temps de pose peut être dix à douze fois moindre que sans l'emploi de ce corps[4]. Avec un papier imprégné de cristaux de platino-cyanure de baryum que l'on place contre la couche de gélatino-bromure on obtient un effet neuf fois plus énergique qu'en l'absence de ce corps. Il y a avantage à se servir de plaques à l'érythrosine qui sont bien plus sensibles que les plaques ordinaires à la lueur fluorescente du platino-cyanure. On prépare ces plaques[5] en plongeant pendant quatre minutes des plaques extra-rapides du commerce dans un bain préparé avec 1,000 c. c. d'eau, 40 c. c. d'une solution alcoolique d'érythrosine à la dose de 1 pour 380 c. c., 16 gouttes de dissolution de nitrate d'argent à la dose de 132 grammes pour 1 litre d'eau, et 4 c. c. d'ammoniaque concentré ; on fait sécher dans l'obscurité complète.

1501. Applications. — MM. A. et L. Lumière ont constaté la grande sensibilité pour les rayons Rœntgen des plaques colorées[6]. M. Colson a montré que les rayons X sont de nature telle qu'ils sont capables de produire, dans le gélatino-bromure, le travail préliminaire que le révélateur termine en faisant apparaître l'image.

On peut par la radiographie distinguer les perles vraies d'avec les perles fausses ; ces dernières laissent passer les rayons X ; au contraire, les diamants vrais laissent passer les rayons X, tandis que les diamants faux absorbent ces mêmes rayons.

1. *Phot. Correspondenz*, mars 1896. — 2. *Comptes rendus*, avril 1896. — 3. *Comptes rendus*, juillet 1897. — 4. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1893, p. 675. — 5. *Phot. Wochenblatt*, 1896, n° 16. — 6. *Comptes rendus*, 7 juillet 1896.

C'est surtout la chirurgie qui utilise les rayons Rœntgen pour découvrir le siège de certaines anomalies, l'existence et la place de corps étrangers introduits accidentellement dans l'organisme. M. le Dr Lannelongue a vérifié sur une radiographie de fémur des théories sur la marche des altérations dans l'ostéomyélite. On peut faire traverser par les rayons Rœntgen le crâne, le thorax et les grandes opacités de notre corps.

M. Chappuis a photographié le bassin; MM. Imbert et Bertin-Sans, l'épaule, le torse, la région lombaire de la colonne vertébrale; MM. Brissaud et Londe, le crâne; certains expérimentateurs ont photographié le squelette entier en deux opérations. Les recherches anatomiques ont utilisé l'absorption considérable exercée par les métaux; grâce à ceux-ci injectés en poudre, MM. Rey et Contremoulin ont pu représenter sur la plaque le trajet complet et très détaillé des veines et des artères.

La détermination de la position d'un calcul dans le rein ou la vésicule biliaire peut être faite par la radiographie, comme l'a montré M. J. Chappuis. Dans le rein, les calculs révèlent leur existence par une ombre bien marquée; dans la vésicule biliaire, l'espace occupé par le calcul présente au contraire l'apparence d'une cavité. Ces recherches de M. Chappuis ont confirmé les expériences de M. Meslans sur la transparence des substances organiques et l'opacité qu'elles acquièrent par l'addition d'une molécule inorganique. M. P. de Heen[1] a été amené à conclure que diverses expériences faites avec les rayons Rœntgen ainsi que celle du radiomètre doivent être interprétées comme démontrant l'existence de l'énergie infra-électrique[2].

MM. Girard et Bordas ont caractérisé par leurs opacités les explosifs tels que les poudres chloratées, les nitro-celluloses, le fulminate de mercure, etc. M. Ranvez a appliqué la radiographie à la reconnaissance des falsifications du safran par des matières minérales telles que le sulfate de baryum. On peut aussi l'employer pour découvrir des pailles ou des soudures dans les plaques métalliques.

§ 7. — Sciences naturelles.

1502. Missions scientifiques. — L'Association belge de photographie a rédigé des instructions pour ceux qui veulent faire de la photographie dans les pays chauds[3]. Il est indispensable que le missionnaire se familiarise à l'avance avec les opérations photographiques en utilisant le matériel qu'il emportera en voyage. Ce matériel sera à la fois léger et solide, le verre dépoli de la chambre noire sera remplacé par une feuille de celluloïd mat, qui est incassable : on peut tendre cette feuille sur le châssis à l'aide d'une sorte de stirator. Le soufflet de la chambre sera en peau collée avec une colle renfermant du bichlorure de mercure. Le bois doit être très fortement verni et préalablement trempé dans de la paraffine en fusion. Les assemblages seront en métal peu oxydable, tel que le nickel; si l'on emploie l'aluminium, il faut le vernir très fortement à chaud pour le préserver de l'action des

1. *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1896, p. 75. — 2. *Bulletin de l'Institut de physique de l'université de Liège*, 1896. — 3. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1896, p. 604.

vapeurs salées. Les meilleurs châssis sont ceux en bois ouvrant comme un livre; les châssis à rideaux peuvent être utilisés à condition que les lamelles des rideaux soient imperméabilisées et collées sur toile de caoutchouc avec un vernis au caoutchouc; les plaques ne doivent pas séjourner longtemps dans de tels châssis. Les châssis métalliques, à la condition que le métal soit peu oxydable, sont ceux qui fournissent les meilleurs résultats.

Les trousses d'objectifs doivent être employées, sauf pour le cas où l'on manque de recul : on utilise alors un grand angulaire pour le format adopté (100 à 115 millimètres de foyer pour le format 13 × 18). Les diaphragmes seront du système iris et les lamelles de l'iris en ébonite; par ce moyen, on empêche la poussière et l'humidité d'arriver au contact des faces intérieures des verres de l'objectif.

L'obturateur fera corps avec la chambre noire : il sera de construction aussi solide et aussi simple que possible, il permettra de faire les négatifs posés et sera muni d'une poussette métallique soulevant le levier de départ. Les poires et tubes de caoutchouc se conservent fort mal en voyage. Le pied sera léger; la base à laquelle on fixe la chambre sera assez large pour offrir une grande stabilité. Le voile noir sera imperméabilisé.

Les préparations sensibles sont de deux sortes : plaques ou pellicules. Les premières sont plus lourdes et plus fragiles que les secondes, mais se conservent mieux. On les emballe dans des boîtes en carton, contenues elles-mêmes dans des boîtes en fer-blanc soudé et non en zinc dont les vapeurs peuvent altérer les surfaces sensibles.

Il est préférable de ne pas développer sur place quand on ne dispose que d'une mauvaise installation, de produits altérés, de l'eau de mauvaise qualité, d'une température élevée et que la réexpédition est rapide, sûre et facile. Il est cependant quelquefois utile de développer sur place les plaques impressionnées pour se rendre compte de la pose : on donnera la préférence aux révélateurs stables et faciles à emporter sous un petit volume. Si la température est très élevée et qu'il faille développer, on traitera la plaque par un bain préliminaire de formol; mais il est mieux de ne faire l'opération du développement qu'au retour, en ayant soin d'emballer les plaques dans un ordre déterminé dont on prend note sur un registre contenant la date de la pose, la durée de celle-ci, la mention du sujet et le numéro d'ordre de la plaque. Ce numéro d'ordre peut être inscrit au crayon dans un angle de la plaque. Il vaut mieux inscrire les numéros de la série *sur la boîte* dans l'ordre suivant lequel les plaques se présentent : on sait ainsi quel est le genre de négatif à développer et quel révélateur il convient d'employer. La diamidorésorcine ou l'acide pyrogallique sont ceux qui fournissent les meilleurs révélateurs pour ce genre de travail qui sera facilité si l'on a le soin de faire autant que possible des épreuves posées. Si l'on fait des instantanées, il ne faut pas opérer avec de petits diaphragmes et de grandes vitesses d'obturateur; il est bon de donner une légère surexposition afin de permettre aux détails dans les ombres de s'impressionner. D'après M. Rousseau[1], si l'on rapporte d'Afrique des négatifs voilés, il faut s'en prendre à l'inexpérience des opérateurs, à la mauvaise qualité

1. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1896, p. 746.

de leurs appareils qui ne sont pas suffisamment impénétrables à la lumière et à leur inhabileté à conduire le développement.

Les sujets de photographies à faire en voyage sont innombrables, leur choix dépend du but que l'on se propose. Au point de vue anthropologique, il est important de rapporter des photographies d'indigènes; on fera poser le sujet de face et de profil, l'éclairage étant aussi voisin que possible de 45°. Les instantanées sont réservées aux photographies d'indigènes dans leurs diverses occupations, aux photographies d'animaux, aux cérémonies, etc.

Les monuments seront photographiés en apposant contre ceux-ci, comme l'a indiqué le Dr Lebon, une mesure métrique permettant, au retour, de faire des mensurations de précision. Les vues d'ensemble devront en général être faites à l'aide d'objectifs grands angulaires afin d'obtenir des panoramas suffisants; les vues de détail seront faites autant que possible en leur donnant un caractère artistique.

1503 Botanique. — On peut, à l'aide de la chronophotographie, rendre sensibles certains phénomènes s'accomplissant trop lentement pour qu'ils puissent être observés directement; on peut, comme l'a montré M. Mach[1], l'utiliser pour étudier la croissance des plantes. On photographie à certains intervalles les plantes dont on veut étudier la croissance, et les épreuves obtenues sont fixées sur une sorte de tambour stroboscopique se mouvant à la manière des cylindres enregistreurs; grâce à un pas de vis convenablement établi les images viennent se présenter successivement dans le cône d'un appareil à projections. On peut en quinze secondes reconstituer le phénomène de la croissance de certaines plantes.

M. P. Bergon a insisté sur les avantages que la photographie stéréoscopique peut rendre au botaniste. Il a fait construire par Français un appareil destiné à photographier stéréoscopiquement et sans perte de temps les plantes récoltées dans une herborisation. Les épreuves stéréoscopiques peuvent être jointes dans l'herbier à l'étiquette de la plante et fournir ainsi, grâce au relief qu'elles reconstituent, des documents précieux pour la détermination de certaines espèces.

1504. Médecine. — M. de Holowinski est parvenu à photographier les instants des bruits cardiaques[2]. Ceux-ci sont recueillis par un microphone qui commande un téléphone dont la membrane, en vibrant, contracte ou dilate un système d'anneaux de Newton; ceux-ci sont formés par une lame d'air comprise entre deux surfaces de verre; leur image agrandie est projetée sur une feuille étroite derrière laquelle se déplace un tambour recouvert d'un papier très sensible. Les instants de ces bruits extrêmement faibles sont ainsi enregistrés, ce qui n'était pas possible avec les appareils ordinaires.

M. Guilloz[3] a réussi à obtenir des photographies du fond de l'œil en éclairant celui-ci à l'aide de la flamme produite par la combustion du magnésium. Les applications de la photographie à la médecine deviennent

1. *Phot. Rundschau*, 1893. — 2. *Comptes rendus*, 6 juillet 1896. — 3. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1893, p. 389.

de plus en plus nombreuses. Les hôpitaux bien installés comprennent maintenant un atelier photographique, et l'expérience de tous les jours montre combien la photographie est utile[1]; elle est destinée soit à compléter l'observation, soit à la faciliter lorsque les manifestations de la maladie se traduisent par des déformations extérieures affectant l'ensemble ou une partie quelconque de l'individu. A l'aide de photographies, ou de chronophotographies, on peut suivre les progrès de la maladie ou garder une trace durable de phénomènes dont la succession est trop rapide pour qu'ils puissent être analysés par l'œil.

L'anatomiste utilise la photographie pour reproduire les diverses lésions. Les préparations anatomiques peuvent être facilement photographiées à l'aide du moyen indiqué par M. Ponton d'Amécourt. La coupe à reproduire étant disposée dans la portion antérieure d'une chambre à trois corps, on place à un mètre en avant un carré d'étoffe noire de dimensions exactement suffisantes pour arrêter les rayons directs et ne plus laisser arriver que la lumière diffuse ou un peu oblique. La préparation se détache en clair sur fond noir, les détails sont très visibles; mais ce phototype paraît à l'état d'image positive. On l'utilise pour en faire une diapositive sur verre qui sert aux tirages sur papier.

M. le Dr E. Schiff utilise la photographie pour constater et étudier les modifications que produisent dans la peau humaine certaines maladies. La portion affectée est fortement éclairée par une lampe à incandescence avec réflecteur métallique et photographiée en grandeur naturelle au moyen d'une chambre à long tirage munie de son objectif. Le Dr Broca avait antérieurement utilisé la photographie pour le diagnostic de maladies éruptives.

Pour les reproductions de pièces anatomiques ou de parties quelconques du squelette on se servira soit de la chambre ordinaire, soit d'un appareil vertical. Les pièces seront disposées sur une glace sans tain, de façon à éviter les ombres portées. Certains reflets pourront être éliminés en photographiant les pièces dans l'eau; on emploiera le même procédé si elles manquent de consistance.

1505. Zoologie. — M. L. Boutan a fait d'intéressantes recherches à l'aide de photographies obtenues au fond de la mer. La chambre noire est hermétiquement close et disposée pour prendre une série de photographies instantanées; l'éclairage s'effectue à l'aide de l'éclair magnésique produit en brûlant du magnésium dans la flamme d'une lampe à l'alcool : la lampe brûle grâce à un réservoir d'oxygène comprimé et reçoit au milieu de la flamme le magnésium en poudre; la lumière est suffisante pour obtenir de bonnes épreuves.

1506. Photographie judiciaire. — L'instruction criminelle et la justice utilisent continuellement la photographie soit pour constater des faits de nature à disparaître et en faire état, soit pour obtenir l'état des lieux où s'est produit un accident, un crime, la position de la victime, etc., soit pour former le signalement des criminels et les reconnaître en cas de récidive.

1. *La Photographie française*, déc. 1893.

Dans ce cas, M. Bertillon[1] prend deux photographies, l'une de face et l'autre de profil. La photographie de face est éclairée de gauche à droite, ce dernier côté étant le moins éclairé; le profil est éclairé par un jour tombant perpendiculairement à la figure du sujet. L'échelle de réduction est de un septième. A la Préfecture de police de Paris, l'emplacement du modèle et de la chambre noire sont réglés d'une façon fixe, de manière à éviter toute erreur et à opérer très rapidement.

Les agrandissements photographiques de papiers suspects permettent de reconnaître les falsifications d'écriture; on reconnaît de même la falsification des pièces de monnaies, des poinçons de garantie apposés sur les bijoux, etc. Ces applications sont des plus nombreuses.

§ 8. — Chromophotographie.

1507. Anciens procédés. — Les méthodes de chromophotographie peuvent se diviser en deux catégories : la méthode *directe* ou méthode interférentielle dans laquelle on peut faire rentrer quelques anciens procédés, et la méthode *indirecte* par synthèse des couleurs à l'aide de trois négatifs; grâce aux perfectionnements réalisés dans la sensibilisation chromatique, on peut, à l'aide de cette seconde méthode, obtenir des représentations suffisamment approchées et les multiplier.

Les anciens procédés, utilisant la couche de chlorure d'argent violet, fournissent des images à coloration faible, coloration qui ne se conserve que dans l'obscurité. M. de Saint-Florent[2] emploie les papiers au gélatino-chlorure et au gélatino-bromure d'argent du commerce. Il a obtenu des images par l'emploi des sels de fer. Il sensibilise une plaque couverte de gélatine dans un bain contenant 10 grammes de perchlorure de fer, 5 grammes d'acide tartrique et 100 c. c. d'eau; il fait sécher et expose à la lumière derrière une plaque colorée; il lave à l'eau tiède et il fait sécher. M. Kopp[3] a légèrement modifié le procédé Poitevin sans arriver au fixage des couleurs. Dans ces derniers temps, M. de Saint-Florent a indiqué le procédé suivant[4] : une feuille de papier à la celloïdine est exposée à la lumière de façon à obtenir une teinte noir rougeâtre; on plonge le papier pendant dix minutes dans un bain contenant : alcool, 100 c. c.; glycérine, 7 c. c.; teinture d'iode à 1 %, 7 c. c.; ammoniaque caustique, 6 gouttes. On sèche, on expose au soleil sous une image colorée pendant une heure, on fixe à l'hyposulfite à 6 %: les couleurs semblent disparaître; on lave et on fait sécher au soleil ou à un feu vif : les couleurs apparaissent de nouveau.

M. le capitaine Colson a découvert que l'encre à écrire ordinaire jouit de la propriété d'insensibiliser les plaques photographiques par suite des phénomènes d'oxydation qu'elle provoque lentement. Il a utilisé cette propriété à la fixation des couleurs en insensibilisant la surface sensible lorsque les couleurs ont été obtenues[5]. On applique sur l'épreuve terminée un papier bien imprégné d'encre et sec, on laisse le contact s'opérer pendant deux

1. A. Bertillon, *Identifications anthropométriques.* — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1892, p. 663. — 3. *Bulletin de l'Association belge de photographie*, 1892, p. 845. — 4. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, pp. 252, 480. — 5. *Ibid.*, 15 juillet et 15 décembre 1895.

jours; au besoin, on renouvelle le contact avec un nouveau papier trempé dans l'encre et séché : les épreuves ainsi traitées sont peu altérables à la lumière du jour. L'affaiblissement des images est moins prononcée pour celles sur collodion que pour celles sur gélatine.

1508. Méthode interférentielle de Lippmann[1]. — MM. Lumière préparent l'émulsion en mélangeant une solution gélatineuse de bromure de potassium avec une solution gélatineuse de nitrate d'argent. Ils font dissoudre : A) eau distillée, 400 c. c.; gélatine, 20 grammes; B) eau distillée, 25 c. c.; bromure de potassium, 2gr3; C) eau distillée, 25 c. c.; nitrate d'argent, 3 grammes. On ajoute à la solution C) la moitié de A), puis l'autre moitié de A) est ajoutée à B); on mélange les deux solutions gélatineuses qui en résultent en versant la solution de nitrate d'argent dans celle de bromure; on additionne ensuite d'un sensibilisateur coloré convenable (cyanine, violet de méthyle, érythrosine, etc.). L'émulsion filtrée est étendue sur les glaces en employant la tournette afin d'obtenir une couche très mince. Lorsque la couche à fait prise, on immerge les plaques dans l'alcool pendant un temps très court, on lave à l'eau, opération qui s'effectue rapidement à cause de la faible épaisseur de la couche, et on fait sécher. Avant d'employer les plaques, on les traite par un bain de 200 c. c. d'eau, 1 gramme de nitrate d'argent et 1 gramme d'acide acétique; on fait sécher et on expose à la chambre noire, dans le châssis à mercure (A, **1283**). On place sur le trajet des rayons lumineux dans la chambre noire une cuve à faces parallèles contenant une solution jaune convenable : jaune Victoria, uranine, ou mieux primuline. Le révélateur qui convient le mieux est celui à l'acide pyrogallique préparé avec trois dissolutions : A) eau, 200 c. c.; acide pyrogallique, 1 gramme; B) eau, 200 c c.; bromure de potassium 10 grammes; C) ammoniaque caustique de densité 0,96 à 18°; ce degré de concentration est très important. On mélange 10 c. c. de A), 15 c. c. de B) et 5 c c. de C); on ajoute 70 c. c. d'eau. Après développement, la plaque est lavée; on la fixe par immersion dans un bain de cyanure de potassium à 5 °/₀ : l'immersion dure quinze secondes au maximum; on lave et on sèche[2].

Les images peuvent être développées par l'emploi d'une dissolution de chlorure cuivreux ammoniacal.

Le Dr Neuhauss a essayé, mais sans succès, de remplacer le mercure comme surface réfléchissante par des feuilles d'étain ou par des glaces argentées. Le châssis à mercure donne les meilleurs résultats. M. Richard[3] a construit un châssis contenant un réservoir à mercure. Pour faire passer ce métal derrière la couche sensible, il suffit d'incliner le châssis dans un sens déterminé. Le mercure passe dans le réservoir lorsqu'on pose à plat le châssis pour changer la plaque sensible.

M. Fritsch a construit un appareil spécial permettant d'examiner facilement les chromophotographies.

1509. Méthode indirecte. — Cette méthode, inventée simultanément par Cros et par Ducos du Hauron, a été publiée en 1869. Elle consiste à

1. *Comptes rendus*, 15 janvier 1891. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1895. — 3. *Ibid.*, 1894, p. 528.

faire trois négatifs en interposant trois écrans colorés : rouge orangé pour le premier, vert pour le second, bleu violet pour le troisième. De ces négatifs, on imprime des positifs sur feuilles de gélatine bichromatée étendue sur collodion, imprégnées de matières colorantes insolubles dont les couleurs sont complémentaires de celles des écrans correspondants. Ces trois positifs sont superposés par transfert sur un même support pour obtenir l'image polychrome définitive.

Le triage des couleurs, c'est-à-dire l'analyse du sujet coloré qu'il s'agit de reproduire, se fait à l'aide d'écrans convenables et de plaques photographiques dont la sensibilité a été considérablement et exclusivement exaltée pour les radiations particulières qu'on laisse arriver jusqu'à elles.

MM. Lumière frères et Seyewetz ont utilisé pour réaliser la synthèse des couleurs les propriétés de quelques diazo et tétrazosulfites alcalins. Feer avait constaté[1] que des mélanges de combinaisons diazoïques sulfitées avec des amines et des phénols se colorent lentement à la lumière en donnant une couleur identique à celle que fournit le composé diazoïque non sulfité avec ces mêmes amines ou phénols. Il a basé sur cette propriété un procédé photographique limité à un petit nombre de diazo et de tétrazosulfites alcalins. Il imprègne des papiers du mélange de diazosulfite et d'amine ou de phénate alcalin, fait sécher dans l'obscurité et imprime sous un négatif. Lorsque l'image est suffisamment intense on fixe à l'eau pure ou à l'eau additionnée d'acide chlorhydrique qui dissout la combinaison non décomposée.

Ces propriétés ont été utilisées par MM. Lumière frères et Seyewetz pour obtenir les monochromes simples : ils ont constaté qu'on peut produire la réaction colorée en imprégnant le papier du mélange diazoïque sulfité et d'amine ou de phénate alcalin, puis exposant à la lumière, soit en imprégnant le papier de la combinaison sulfitée, exposant à la lumière, puis faisant former la matière colorante en plongeant le papier dans une solution d'amine ou de phénate alcalin. On obtient le jaune avec le bain suivant : diazoorthotoluidine sulfite de soude, 2 grammes ; métamidophénol (base), 1 gramme ; eau, 100 c. c. : le papier est plongé dans cette solution, puis séché dans l'obscurité. Le rouge s'obtient par l'action de deux bains : A) tétrazotolylsulfite de soude, 1 gramme ; eau, 126 c. c.; B) 6-naphtylamine éther chlorhydrate, 2gr5; eau, 125 c. c. On plonge d'abord le papier dans la première solution, puis dans la seconde ; on fait sécher dans l'obscurité. Le bleu violacé s'obtient en plongeant successivement le papier dans deux bains : A) tétrazoethoxybenzidine sulfite de soude, 1 gramme; eau, 125 c. c.; B) α-naphtylamine éther chlorhydrate, 2gr5 ; eau, 125 c. c. On fixe ces couleurs par l'emploi de l'eau chauffée vers 50 ou 60° ; on dissout ainsi le composé sulfité non insolé[2].

Dans la méthode indirecte on emploie les écrans colorés. On peut les obtenir à l'aide de dissolutions placées dans des cuves à faces parallèles. L'écran violet s'obtient avec 7 c. c. de solution concentrée de chlorure de cuivre, 17 c. c. d'eau distillée et 5 c. c. d'ammoniaque ; on filtre et on ajoute 3 c. c. de solution concentrée de violet de méthyle B, 5 c. c. de solution

1. *Photographic News*, 1891, p. 98. — 2. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 195.

concentrée de fuchsine S. L'écran orangé se prépare avec 15 c. c. de solution concentrée de chlorure de cobalt, 35 c. c. d'eau distillée, 25 c. c. de solution à 5 % de bichromate d'ammoniaque et 2 à 3 c. c. d'ammoniaque ; on filtre avant l'emploi. L'écran vert est constitué par une solution de sulfate de nickel.

MM. Lumière ont réalisé la superposition des monochromes à l'aide d'un procédé nouveau : la colle-forte bichromatée, soluble à froid, qui ne donne pas d'images photographiques avec leurs demi-teintes lorsqu'elle est employée seule, acquiert cette propriété lorsqu'on l'additionne de substances insolubles dans certaines conditions. Si l'on ajoute, par exemple, à une solution de colle-forte à 10 %, 5 % de bichromate d'ammoniaque et 5 à 10 % de bromure d'argent émulsionné, qu'on étende sur verre, qu'on sèche et qu'on insole sous le négatif, on obtient par insolation suffisante, suivi de lavage à l'eau froide, une image très légère que l'on peut colorer avec des teintures convenables par imbibition. On se débarrasse du bromure d'argent par un dissolvant approprié tel que l'hyposulfite de soude. Pour obtenir les épreuves polychromes, on procède à l'obtention successive sur une même plaque de trois images monochromes rouge, jaune et bleu, provenant de trois négatifs correspondants, en ayant soin d'isoler chaque image de la précédente par une couche imperméable, de collodion par exemple. Pour obtenir une grande exactitude et toute l'intensité désirable, il faut partir de couleurs rouge, jaune et bleue, extrêmement vives et pures, et, dans ces conditions, la moindre prédominance de l'un des monochromes compromet le résultat.

M. Nachet a construit une chambre appelée trichromatique, ou *chromographe*, destinée à obtenir en une seule pose les négatifs nécessaires aux impressions en trois couleurs[1]. Supposons une chambre noire placée horizontalement, avec deux glaces platinées et translucides, formant entre elles un angle droit, et inclinées à 45° sur l'horizontale; leur intersection est perpendiculaire aux faces verticales de la chambre et à une parallèle à l'axe de l'objectif. Les rayons émanés de l'objectif rencontrent le premier miroir, se réfléchissent partiellement vers le haut de la chambre où ils forment une première image. Une autre portion des rayons traverse la première glace platinée et, après réflexion sur le second miroir, vont former une image sur la face inférieure de la chambre noire; la portion des rayons qui a traversé la seconde glace platinée va former une troisième image sur le fond de la chambre noire. En avant de chaque châssis, sur la partie fixe et aussi près que possible de la place à occuper par les plaques sensibles se trouve le milieu coloré correspondant à l'affectation de ce châssis, soit tout au moins à celui du jaune et à celui du rouge. Ces écrans, retenus par de petits tourniquets, peuvent être enlevés, changés, remis à volonté[2]. Dans le maniement de cet appareil, il faut que les deux plaques qui posent le moins arrivent à recevoir l'impression dans le même temps que celle qui pose le plus ; l'instrument est utilisable pour l'obtention des portraits à la condition d'employer un objectif à grande ouverture.

Les négatifs étant obtenus, il faut vérifier s'ils donneront par leur super-

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 312. — 2. *Ibid.*, 1895, p. 564.

position une image polychrome dont les teintes sont aussi semblables que possible à celles de l'original. M. Nachet a construit dans ce but le *chromoscope*[1] qui permet d'examiner simultanément au travers de trois verres colorés les trois positifs imprimés d'après les négatifs. M. Ducos du Hauron avait, dès 1869, indiqué comment on pouvait, au moyen de réflexions sur glace transparente, faire recevoir par l'œil les trois images monochromes qui constituaient ainsi la synthèse de l'image. Cros fit construire, en 1879, un appareil consistant en une caisse noircie à l'intérieur, dans laquelle étaient disposées parallèlement l'une à l'autre trois glaces sans tain : ces trois réflecteurs obliques transmettaient à l'œil et faisaient coïncider les trois diapositifs d'une polychromie, ces diapositifs étant teintés en vert, en violet et en orangé au moyen d'écrans colorés. Ch. Cros appelait cet appareil le chromomètre[2]. Zinck, Nadar, L. Vidal[3], Ives[4], de Philadelphie, ont construit des appareils permettant de voir les photographies en couleur. Dans l'instrument de M. Zink, les trois diapositives sont placées horizontalement; au-dessous d'elles, trois miroirs parallèles inclinés à 45° et disposés suivant une ligne horizontale en donnent à l'œil, placé sur cette ligne, des images virtuelles; les hauteurs des trois épreuves au-dessus des miroirs correspondants sont réglées de telle sorte que les trois images virtuelles se fassent dans le même plan; les deux premiers miroirs sont des glaces sans tain, le troisième n'est pas translucide; une pellicule violette est appliquée contre la première épreuve, une pellicule verte contre la seconde, une pellicule rouge contre la troisième. Cette disposition est très simple de construction; d'autres appareils ont été proposés mais ne donnent pas en pratique de bons résultats.

On peut obtenir les images polychromes par plusieurs procédés. On utilise les mixtions colorées comme l'a fait, en 1869, M. Ducos du Hauron pour des polychromies transparentes et M. L. Vidal pour des images vues par réflexion, ou bien l'on opère par le procédé d'imbibition imaginé par C. Cros; on peut, enfin, utiliser les procédés d'impression mécanique à l'aide des négatifs tramés.

M. Ducos du Hauron a fait connaître un procédé permettant d'obtenir des épreuves stéréoscopiques en couleur en utilisant trois teintes : le jaune et le rouge servent pour la perspective de l'œil droit, le bleu pour la perspective de l'œil gauche. L'impression en jaune se fait sous le phototype fourni par la lumière violette ; le rouge et le bleu sont fournis par le négatif du vert et celui du rouge orangé. Pour obtenir ces négatifs on place dans la chambre noire binoculaire, en regard de l'objectif de la perspective de droite, une plaque au lactate d'argent de Guilleminot. Le côté verre de la plaque doit être bien nettoyé, recouvert d'un enduit bleu-violet au chlorure d'or et tourné vers l'objectif. Contre cette couche sensible de lactate d'argent est appliquée une mince pellicule jaune servant d'écran pour une seconde plaque sensible (panchromatique Lumière) disposée de façon que le gélatino-bromure d'argent ne soit séparé de la couche de gélatino-lactate d'argent que par le mince écran jaune : les deux phototypes s'impriment donc en même temps. Le troisième est obtenu à travers l'écran rouge

1. *Les couleurs en photographie.* — 2. *Moniteur de la photographie*, 1er mars 1879. — 3. *La Nature*, 1894, p. 91. — 4. *Revue scientifique*, 1895, p. 172.

orangé par l'objectif de la perspective de gauche. On place dans le châssis et en face cet objectif une glace nue ayant même épaisseur que la glace portant la couche de gélatino-lactate d'argent ; entre cette glace nue et la plaque panchromatique destinée à fournir le troisième phototype on intercale un écran rouge orangé obtenu par la superposition de deux pellicules, l'une jaune, l'autre rouge pourpre. Les trois négatifs doivent être de même intensité. On emploie des diaphragmes de diamètres différents dans les deux objectifs ; le plus étroit, si l'on use des plaques panchromatiques, doit être celui de la lumière verte (objectif de droite) ; la plaque au lactate d'argent donnerait une image surexposée pendant ce temps de pose, si l'on n'employait pas un révélateur très faible. Le révélateur est obtenu par le mélange de trois solutions : A) eau, 1,000 c. c.; sulfite de soude anhydre, 150 grammes ; hydroquinone, 20 grammes ; B) eau, 1,000 c. c.; soude caustique, 20 grammes ; C) eau, 1,000 c. c.; bromure de potassium, 10 grammes. Les plaques panchromatiques se développent dans un bain contenant 20 c. c. de A), 10 c. c. de B), 1 c. c. de C) et 20 c. c. d'eau. La plaque au lactate d'argent est développée avec 10 c. c. de A), 5 c. c. de B), 5 c. c. de C) et 30 c. c. d'eau.

Les pellicules colorées employées dans ce procédé de M. Ducos du Hauron sont obtenues de la manière suivante. La pellicule bleu-violet est obtenue par l'action du chlorure d'or sur l'acide pyrogallique ; on prépare un collodion avec 50 c. c. d'éther à 65°, 50 c. c. d'alcool à 96°, 0gr8 de coton-poudre, 0gr8 de chlorure d'or, 0gr8 d'acide pyrogallique ; après douze heures de contact on ajoute 1 à 2 décigrammes de noir d'aniline B) ; on recouvre de ce collodion la plaque au lactate d'argent.

Les pellicules jaune et rouge se préparent en dissolvant la matière colorante dans du collodion à l'acétate d'amyle. On fait macérer 40 grammes de curcuma en poudre dans 1 litre d'acétate d'amyle, on filtre au papier et on ajoute 25 grammes de coton-poudre ; ce collodion est filtré au coton ordinaire et on étend 60 c. c. de cette liqueur sur une glace du format 18 × 24, nettoyée, talquée et placée sur un trépied à vis calantes ; la couche est abandonnée à la dessiccation à l'abri des poussières pendant un jour ou deux ; quand elle est sèche on la détache de son support et l'on obtient ainsi une pellicule jaune. La pellicule rouge se prépare avec : acétatate d'amyle, 1,000 c. c.; acide acétique cristallisable, 60 c. c.; fuchsine rouge, 3gr05 ; après filtration au papier on ajoute 25 grammes de coton-poudre. Quand la solution est limpide, on étend 50 c. c. de ce liquide sur une glace 18 × 24, talquée et mise de niveau, on laisse sécher. Ces pellicules s'altérant facilement sous l'influence de la lumière, il convient de les conserver dans l'obscurité.

Pour éviter le halo, on enduit le côté verre des plaques orthochromatiques avec un collodion contenant : éther à 65°, 50 c. c.; alcool à 96°, 50 c. c.; coton-poudre, 1 gramme; noir d'aniline B, 1 gramme. Les divers enduits qui recouvrent le revers des plaques doivent être enlevés avant de développer; il suffit de promener à leur surface une touffe de coton très légèrement imbibé d'alcool additionné d'un peu d'éther.

Pour l'impression en rouge on emploie la laque de garance, le bleu de Prusse pour le bleu et le jaune de chrome pour le jaune s'il s'agit d'images destinées à être vues par réflexion; si les images doivent être vues par

transparence on remplace le jaune de chrome par le picrate d'ammoniaque [1].

M. Duchochois a fait connaître sous le nom de *tégéotypie* un procédé d'impression qui est une variante du procédé par imbibition de Cros. Les images sont obtenues sur pellicules de gélatine bichromatée; on les fait ensuite virer au violet avec une solution de bois de campêche, au bleu avec du bleu de Prusse ou de l'indigo, etc.; on peut aussi employer les couleurs d'aniline. Au lieu de gélatine bichromatée, on peut employer la gomme et l'albumine bichromatées en utilisant des négatifs tramés. La couche d'albumine et de gomme doit être bien régulière et assez épaisse pour fournir une image assez intense.

M. E. Vallot utilise trois couleurs : jaune, rouge et bleu, se décomposant à peu près simultanément à la lumière; il étend ces couleurs sur papier et expose à la lumière derrière un écran coloré. La couche sensible est obtenue avec trois solutions : A) pourpre d'aniline, 0gr2; alcool, 50 c. c.; B) bleu Victoria, 0gr20; alcool, 50 c. c.; C) curcuma, 10 grammes; alcool, 50 c. c. Ces trois dissolutions sont mélangées et on fait flotter le papier sur le mélange; lorsque le papier est sec, il est exposé au soleil, sous un écran coloré, pendant trois ou quatre jours : l'épreuve est terminée au sortir du châssis-presse sans autre opération [2].

M. Joly, de Dublin [3], emploie comme écran coloré une glace *tramée tricolore :* une des faces de la glace est entièrement recouverte de lignes très fines, de même sens, très serrées et tracées avec des pigments transparents dont chacun ne laisse passer qu'une des trois couleurs fondamentales, rouge, vert et bleu indigo; toutes les lignes de même couleur sont équidistantes, car les mêmes colorations se succèdent toujours dans le même ordre. Ce réseau est appliqué contre la glace sensible dans la chambre noire pendant la pose; au développement, l'image correspondant aux rayons rouges est constituée par une sorte de réseau de lignes parallèles qui, dans le diapositif tiré par contact, sera transparent. Si on applique alors le diapositif obtenu en le repérant de façon précise sur une glace présentant rigoureusement la même disposition que la première, puis qu'avec une lanterne à projection on projette le tout sur un écran bleu, on obtiendra une image colorée vue à travers une grille constituée par le réseau. L'aspect de ces images est un peu monotone : elles peuvent être comparées à des pastels faits par un artiste qui ne se serait servi que de crayons rouge, vert et bleu, en procédant par hachures parallèles régulièrement enchevêtrées.

BIBLIOGRAPHIE.

MICROPHOTOGRAPHIE.

STEIN (Dr S.). *Das mikroskop und die mikrographische Technick zum Zwecke photographischer Darstellung.*

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1896, p. 480. — 2. *Photo-Gazette*, 1895, p. 23. — 3. *Moniteur de la photographie*, 1895.

ASTRONOMIE.

KONKOLY (N. V.). *Practische Anleitung zur Himmelsphotographie.*
— *Handbuch fur Spectroskopiker im Cabinet und am Femrohr.*
INSTITUT DE FRANCE. *Réunion du Comité de la carte du Ciel*, 1896.

GÉODÉSIE.

DEVILLE (E.). *Photographic Surveying, including the Elements of Description Geometry and Perspective.*
DOLEZAL (Ed.). *Die Anwendung der Photographie in der praktischen Messkunst.*
KIESLING. *Die Anwendung der Photographie zu militærischen Zwecken.*
KOPPE (Dr C.). *Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung.*
LEGROS. *Éléments de photogrammétrie.*
— *Description et usage d'un appareil élémentaire de photogrammétrie.*
MONET. *Règles hypsométriques.*
SCHIFFNER (F.). *Die photographische Messkunst oder Photogrammetrie.*
STEIN (Dr S. T.). *Die Photogrammetrie.*

CHRONOPHOTOGRAPHIE.

DONNADIEU. *La Photographie animée.*
GASTINE. *La Chonophotographie.*

RADIOGRAPHIE.

ARNOLD (W. Dr). *Ueber Luminescenz.*
ACKROYD. *The Old Light and The New.*
BUGUET (A.). *Technique médicale des rayons X.*
CHRISTIANSEN (C.). *Rœntgens Straaler en fremstilling af de elektriske Straalefaenomener.*
EDER et VALENTA. *Versuche uber Photographie mittels der Roentgenschen Strahlen.*
GALITZIN et VON KARNOJITSKY. *Ueber die Ausgangpunkte und Polarisation der X Strahlen.*
GUILLAUME (Ch.-Ed.). *Les rayons X et la photographie à travers les corps opaques.*
HENRY (Ch.). *Les rayons Rœntgen.*
MANDRAS. *Applications de la radiographie à la médecine.*
MEWES. *Licht, Electricitats und X-Strahlen.*
MORTON AND HAMMER. *The X-Rays.*
MULLER (H.). *Roentgen's X Strahlen.*
TORMIN (L.). *Magische Strahlen.*
THORNTON (A.). *The X-Rays.*
RŒNTGEN (W. C. Dr). *Eine neue Art von Strahlen.*
SANTINI. *La Photographie à travers les corps opaques.*
VITOUX. *Les Rayons X et la photographie de l'invisible.*
WARD. *Practical Radiography.*
WUNSCHMANN (Dr). *Die Roentgen'schen X-Strahlen.*

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES.

BURAIS (Dr A.). *Applications de la photographie à la médecine.*
KŒHLER. *Application de la photographie aux sciences naturelles.*
LONDE (A.). *La Photographie médicale. — La Photographie moderne.*
NIEWENGLOWSKI. *La Photographie en voyage.*
STEIN. *Die photographische Technik fur wissenschaftliche Zwecke.*

CHROMOPHOTOGRAPHIE.

BERTHIER (A.). *Manuel de Photochromie interférentielle.*
CALMETTE. *Lumière, couleur et photographie.*
DUCOS DU HAURON. *La triplice photographique.*
DUMOULIN. *Les Couleurs reproduites en photographie.*
NIEWENGLOWSKI et ERNAULT. *Les Couleurs et la photographie.*
VIDAL (L.). *La Photographie en couleurs.*

CHAPITRE II

PHOTOMÉTRIE.

§ 1. — Définitions.

1510. Unités. — Le Congrès international de photographie tenu à Bruxelles en août 1891 a admis en principe, sur la proposition de M. A. Buguet, un système photométrique dérivé de l'étalon Violle adopté par le Congrès international des électriciens. Le Congrès international de Genève a admis ce système en août 1896.

L'étalon Violle est une surface de platine de un centimètre carré à la température de solidification. L'unité *théorique* d'intensité lumineuse est, sous le nom de Violle, l'intensité, suivant la direction normale, de l'étalon Violle, tandis que l'unité *pratique* d'intensité lumineuse est, sous le nom de bougie décimale ou *pyr*, le vingtième du Violle.

Le flux lumineux projeté uniformément par une source est le produit de son intensité par l'angle solide embrassé par le faisceau projeté

$$\Phi = I\Omega .$$

L'unité de flux est, sous le nom de *lumen*, le flux projeté par une bougie décimale dans un angle solide d'un *stéradiant*, le stéradiant étant l'angle qui, ayant son sommet au centre d'une sphère de rayon 1, découpe sur sa surface une étendue égale à l'unité de surface.

La *puissance* P d'une source est son flux total. L'unité de quantité de lumière ou énergie lumineuse est, sous le nom de *rad* ou *lumen-seconde*, la quantité de lumière que projette un lumen par seconde. Le *lumen-heure* vaut 3600 rads.

L'*énergie* Q d'une source est le produit de sa puissance par sa durée $Q = PT$, tandis que l'éclat d'une source est le quotient de son intensité par sa surface

$$E = \frac{I}{S} .$$

L'unité d'éclat est, sous le nom de *pyr-par-centimètre-carré*, l'éclat d'une source dont la surface est de 1 centimètre carré et dont l'intensité est d'une bougie décimale.

L'*éclairement* d'une surface est le quotient de l'intensité de la source qui l'éclaire normalement par le carré de sa distance, ou encore le quotient du flux incident par la surface éclairée

$$E = \frac{I}{r^2} \qquad\qquad E = \frac{\Phi}{S} .$$

L'unité d'éclairement est, sous le nom de *lux* ou *pyr-à-1-mètre*, celui d'une surface qui reçoit normalement la lumière d'une bougie décimale à un mètre ; on l'appelle aussi *lumen par mètre carré*.

La *lumination* L d'une surface est le produit de son éclairement par la durée de celui-ci

$$L = ET.$$

L'unité de lumination est, sous le nom de *phot*, *lux-seconde* ou *pyr-seconde-à-1-mètre*, la lumination d'une surface qui reçoit 1 lux durant une seconde.

L'*éclairage* ou énergie lumineuse reçue par une surface est le produit de sa lumination par sa surface.

$$Q = LS = ETS = \frac{IST}{r^2}.$$

C'est aussi le produit du flux incident par sa durée $Q = \Phi T$.

L'*unité de sensibilité* d'une préparation photographique est définie par la lumination qui, dans des conditions normales définies, lui donne la diaphanéité normale après traitement normal, la *diaphanéité* d'un corps étant le rapport de l'intensité du faisceau qu'il laisse passer à celle du faisceau incident[1].

1511. Appareils. — On a comparé la graduation du sensitomètre Warnerke avec celle de l'appareil Hurter et Driffield; on a trouvé les nombres suivants[2] :

Degrés Warnerke.	Hurter et Driffield.	Degrés Warnerke.	Hurter et Driffield
10	3,5	18	16,0
11	3,2	19	20,0
12	4,0	20	26,0
13	5,0	21	32,0
14	6,5	22	40,0
15	8,0	23	52,0
16	10,0	24	64,0
17	13,0	25	80,0

Dans ces derniers temps, il a été établi plusieurs appareils que l'on a désignés sous le nom de photomètres, mais qui sont en réalité des exposomètres dont la graduation est purement empirique, et qui cependant peuvent permettre une évaluation assez approchée de la durée du temps de pose. Il convient de citer parmi ces appareils les photomètres Decoudun.

1512. Sensibilité des plaques. — M. Bouasse[3] a étudié la sensibilité sur divers points d'une plaque et a constaté que tantôt elle présente au centre un maximum ou minimum, tantôt elle varie dans un même sens d'un bord à l'autre. Le rapport des sensibilités d'une même plaque pour

1. A. Buguet, *La photographie de l'amateur débutant.* — 2. *Phot. News*, 1896, p. 462. — 3. *Annales de la Faculté des sciences de Toulouse*, 1894.

deux couleurs différentes varie d'une plaque à une autre, mais moins fort que ne le fait la sensibilité pour une des deux couleurs.

Si l'on représente par une courbe la variation en fonction du temps de pose de l'opacité du noir obtenu sur le négatif, on trouve que cette courbe, d'abord concave et sensiblement tangente à l'axe des temps, devient rapidement rectiligne, puis s'infléchit vers ce même axe; l'intensité de l'action photographique n'est donc pas immédiatement proportionnelle au temps, et, dans les premiers instants, elle croît plus vite; puis si la pose est longue, elle passe par un maximum. En se servant de la lumière solaire, on peut observer plus tard un minimum. Il n'est pas exact de dire que le minimum reproduise l'état initial, ou que, aux trois moments où la plaque présente la même opacité, elle soit exactement dans le même état. M. Bouasse a constaté, comme l'avait annoncé le capitaine Abney, que le produit de l'intensité lumineuse par le temps de pose restant constant, le négatif est d'autant plus noir que l'intensité est plus grande et le temps de pose plus court. Si l'on emploie des poses à interruptions très fréquentes, l'opacité du négatif est moindre qu'avec une pose continue fournissant la même quantité totale d'énergie.

Dans le cas où on fait agir successivement sur une même plaque deux intensités très différentes, l'opacité est notablement plus forte lorsqu'on fait agir d'abord la source la plus intense que quand on opère en sens inverse, ce qui montre que le rôle de rayons continuateurs appartient à tous les rayons.

La méthode employée par M. Bouasse consiste essentiellement à mesurer le rapport des intensités d'un faisceau avant et après son passage à travers la couche sensible modifiée par l'action photographique et le développement. La mesure est faite, au moyen d'une pile thermo-électrique, sur les rayons calorifiques les plus réfrangibles fournis par une source constante. Toutes les précautions sont prises pour éliminer l'influence des différences d'épaisseur entre les divers négatifs.

M. Violle s'est servi de l'acétylène pour établir un étalon pratique de lumière. Le gaz brûle sous une pression un peu forte dans un bec disposé de façon que l'alimentation d'air soit bien assurée et que la flamme s'étale en une large lame mince; la fixité, l'éclat et la blancheur de cette flamme sont comparables à celle de l'étalon absolu.

M. Vogel a proposé l'emploi d'une feuille de papier blanc éclairé par la combustion d'un ruban de magnésium d'une longueur de 19 millimètres et du poids de 1 gramme. On le dispose de façon que sa tranche soit parallèle à la feuille de papier, à 2 mètres de cette feuille et derrière un écran de verre laiteux qui uniformise l'éclairement; la combustion se fait au moyen d'une lampe à alcool.

BIBLIOGRAPHIE.

BOURSAULT (H.). *Calcul des temps de pose.*

WIESNER (Pr. Dr. J.). *Untersuchungen uber das photographische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg.*

NAMIAS. *Considérations sur les actions photochimiques et thermophotochimiques.*

NIEWENGLOWSKI. *La Photographie et la Photochimie.*

TABLES

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

DU SUPPLÉMENT B.

LIVRE PREMIER.

CHAPITRE PREMIER.

LES LENTILLES.

§ 1er. — *Propriétés des lentilles.*

1285. Réfraction, réflexion, dispersion, p. 7. — **1286**. Lentilles, notations, p. 8. — **1287**. Centre optique, points nodaux, p. 9. — **1288**. Foyer principal, p. 10. — **1289**. Propriétés du centre optique et des points nodaux, p. 11. — **1290**. Formule de Newton, grossissement, p. 13. — **1291**. Points et plans de Bravais, p. 14. — **1292**. Lentilles composées, lentille équivalente, p. 14. — **1293**. Aberration, p. 14. — **1294**. Correction des aberrations, p. 17. — **1295**. Du diaphragme, p. 18. — **1296**. Clarté, p. 20.

§ 2. — *Les divers types d'objectifs.*

1297. Objectifs combinés, p. 22. — **1298**. Objectifs symétriques, p. 23. — **1299**. Objectifs dissymétriques, p. 24. — **1300**. Objectifs à lentilles multiples, p. 25.

CHAPITRE II.

CALCUL D'UN OBJECTIF.

1301. Méthode de calcul, p. 27. — **1302**. Calcul d'un objectif constitué par une lentille double convergente, p. 28. — **1303**. Construction d'un objectif à trois verres p. 31. — **1304**. Objectif à trois lentilles construit avec deux sortes de verre, p. 32. — **1305**. Condition de Prasmowski, p. 32. — **1306**. Opérations à effectuer pour la construction des objectifs simples, p. 33. — **1307**. Objectifs doubles ou combinés, p. 34.

CHAPITRE III.

ESSAI DES OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

§ 1er. — *Méthode de Kew.*

1308. Utilité de l'essai des objectifs, p. 36. — **1309**. Essai optique, p. 36.

§ 2. — *Autre procédé optique.*

1310. Appareil de M. Krauss, p. 48.

§ 3. — *Essai photographique d'un objectif.*

1311. Procédé de la mire oblique, p. 51. — **1312**. Emploi de la mire simple, p. 58. — **1313**. Méthode de M. W. Zschokke, p. 58. — **1314**. Méthode du laboratoire d'essais de la Société française de photographie, p. 62. — **1315**. Méthode du Dr Rudolph, p. 90. — **1315** *bis*. Essai du foyer chimique, p. 91. — **1316**. Remarques sur les essais des objectifs, p. 92.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION DES NOUVEAUX OBJECTIFS PHOTOGRAPHIQUES.

§ 1er. — *Généralités.*

1317. Perfectionnements apportés à la fabrication des objectifs, p. 94.

§ 2. — *Objectifs simples.*

1318. Objectifs à trois verres, p. 96. — **1319.** Objectifs à trois verres séparés, p. 98. — **1320.** Nouvel objectif de Zeiss, p. 100. — **1321.** Objectifs à quatre verres, p. 104. — **1321** *bis.* Objectifs simples à cinq verres, p. 106.

§ 3. — *Objectifs grands angulaires.*

1322. Objectifs grands angulaires à paysages, p. 106. — **1323.** Objectifs grands angulaires pour reproduction, p. 110. — **1323** *bis.* Apochromatiques symétriques, p. 115.

§ 4. — *Objectifs à grande ouverture.*

1324. Objectifs à portraits, p. 115. — **1325.** Objectifs combinés à quatre verres, p. 117. — **1326.** Objectifs combinés à cinq verres, p. 118. — **1327.** Le planar, p. 122. — **1328.** Eurygraphes de Lacour, p. 123. — **1329.** Anastigmats à six lentilles, p. 126. — **1330.** Anastigmats à huit lentilles, p. 139. — **1331.** Objectifs à dix lentilles, p. 141. — **1332.** Objectifs de diverses formes, p. 141. — **1333.** Avantages des anastigmats, p. 142.

§ 5. — *Trousses d'objectifs.*

1334. Emploi des lentilles simples, p. 144. — **1335.** Bonnettes d'approche, p. 144. — **1336.** Trousses d'objectifs simples, p. 145. — **1337.** Trousses d'objectifs combinés, p. 146.

§ 6. — *Téléobjectifs.*

1338. Construction des téléobjectifs, p. 148. — **1339.** Tirage de la chambre noire, p. 150. — **1340.** Objectif téléphotographique à lentille divergente, p. 152. — **1341.** Emploi de l'objectif téléphotographique pour grands portraits, p. 153. — **1342.** Paysages pris d'un endroit très éloigné, p. 155. — **1343.** Vues de monuments à grande distance, p. 155. — **1344.** Détermination de la longueur focale; de l'ouverture du diaphragme, p. 155. — **1345.** Images obtenues à l'aide du téléobjectif, p. 156. — **1346.** Divers types de téléobjectifs, p. 156.

§ 7. — *Accessoires des objectifs.*

1347. Diaphragmes, p. 159. — **1348.** Graduation des diaphragmes, p. 159. — **1349.** Forme du diaphragme, p. 161.

CHAPITRE V.

OBTURATEURS.

§ 1er. — *Généralités.*

1350. Qualités des obturateurs, p. 162. — **1351.** Classification des obturateurs, p. 162.

§ 2. — *Obturateurs montés au diaphragme.*

1352. Obturateurs à guillotine, p. 164. — **1353.** Obturateurs à secteur tournant, p. 143. — **1354.** Obturateurs à iris, p. 166. — **1355.** Obturateurs à mouvement alternatif p. 168.

§ 3. — *Obturateurs montés en dehors du diaphragme.*

1356-1357. Obturateurs à guillotine et à lames multiples, p. 169. — **1358.** Systèmes de déclenchement, p. 177.

§ 4. — *Mesure de la durée d'action des obturateurs.*

1359. Méthodes mécaniques, p. 178. — **1360.** Procédés de M. Houdaille, p. 179. —

1361-1362. Emploi du pendule et de la photographie, p. 180. — **1363.** Rendement des obturateurs, p. 181.

CHAPITRE VI.

CHAMBRES NOIRES ET ACCESSOIRES.

§ 1er. — *Appareils sur pieds.*

1364. Chambres d'atelier, p. 183. — **1365.** Chambres de voyage, p. 184.

§ 2. — *Chambres à main et à châssis.*

1366. Appareils à foyer fixe, p. 188. — **1367.** Appareils à mise au point et à châssis, p. 189.

§ 3. — *Chambres à main à magasin.*

1368. Appareils genre jumelle, p. 191. — **1369.** Chambres à magasin, p. 199. — **1370.** Qualité des appareils à main, p. 206.

§ 4. — *Accessoires divers.*

1371. Pieds de chambres noires, p. 208. — **1372.** Châssis à glace dépolie, p. 212. — **1373.** Viseurs, p. 213. — **1374.** Châssis négatifs, p. 218. — **1375.** Châssis à magasin, p. 219. — **1376.** Châssis pour pellicules, p. 220. — **1377.** Châssis à rouleaux, p. 221. — **1378.** Poids et volumes des plaques et pellicules, p. 222. — **1379.** Photomètres, p. 223 — **1380.** Laboratoires portatifs, p. 224. — **1381.** Éclairage du laboratoire, p. 224. — **1381** *bis.* Lanternes de laboratoire, p. 227. — **1382.** Éclairage artificiel au magnésium, p. 229. — **1383.** Cuvettes, p. 237. — **1384.** Châssis pour photocopies, p. 241. — **1385.** Appareils pour fonds dégradés, p. 243. — **1386.** Appareils pour le montage des photocopies, p. 243. — **1387.** Boîtes à rainures, p. 244. — **1388.** Planchettes à couper, p. 244.

LIVRE II.

PHOTOTYPES NÉGATIFS.

CHAPITRE PREMIER.

PROCÉDÉ AU COLLODION.

§ 1er. — *Collodion et bains.*

1389. Collodion humide, p. 246. — **1390.** Collodion sec, p. 247.

§ 2. — *Émulsions au collodion.*

1391 Émulsions au collodio-bromure, p. 248.

CHAPITRE II.

PROCÉDÉ AU GÉLATINO-BROMURE D'ARGENT.

§ 1. — *Préparation des plaques.*

1392. Préparation du gélatino-bromure d'argent, p. 250. — **1393.** Sensibilité des plaques, p. 254. — **1394.** Emballage des plaques, p. 254. — **1395.** Manipulation des plaques au gélatino-bromure, p. 255.

§ 2. — *Révélateurs.*

1396. Généralités, p. 256. — **1397.** Influence de la température sur le développement, p. 257. — **1398.** Influence de la dilution et de la durée du développement, p. 258. — **1399.** Méthode d'essai des révélateurs, p. 258. — **1400.** Emploi du formol, p. 261. — **1401.** Révélateur à l'acide pyrogallique, p. 262. — **1402.** Révélateur au diamidophénol, p. 263. — **1403.** Révélateur à l'hydroquinone, p. 264. — **1404.** Révélateur à la

pyrocatéchine, p. 265. — **1405**. Révélateur à l'iconogène, p. 266. — **1406**. Révélateur au paramidophénol, p. 266. — **1407**. Révélateur au métol, p. 266. — **1408**. Révélateur à la glycine, p. 267. — **1409**. Révélateur à la diamidorésorcine, p. 267. — **1411**. Révélateurs divers, p. 269. — **1412**. Mélange de diverses substances révélatrices, p. 270. — **1413**. Révélateurs en poudre, p. 272. — **1414**. Pratique du développement, p. 272.

§ 3. — *Fixage, renforcement, affaiblissement des négatifs.*

1415. Fixateur acide, p. 275. — **1416**. Alunage, p. 275. — **1417**. Élimination de l'hyposulfite de soude, p. 275. — **1418**. Emploi du formol, p. 276. — **1419**. Renforçateurs, p. 277. — **1420**. Affaiblissement des négatifs, p. 279. — **1421**. Verniissage des négatifs, p. 281.

CHAPITRE III.

PROCÉDÉS ORTHOCHROMATIQUES.

1422. Émulsions orthochromatiques, p. 284. — **1423**. Écrans colorés, p. 286. **1424**. Développement des plaques orthochromatiques, p. 289.

CHAPITRE IV.

PROCÉDÉS PELLICULAIRES.

§ 1. — *Surfaces sensibles pelliculaires.*

1425. Préparation des pellicules sensibles, p. 290.

§ 2. — *Transport des négatifs sur pellicule souple.*

1426. Négatifs au gélatino-bromure, p. 291.

CHAPITRE V.

RETOUCHE DES NÉGATIFS.

1427. Négatifs défectueux, p. 294. — **1428**. Voile des négatifs, p. 294. — **1429-1430**. Taches et retouches, p. 294. — **1431**. Négatifs compensateurs, p. 206. — **1432**. Contretypes, p. 207. — **1433**. Négatifs à images déformées, p. 299.

LIVRE III.

PHOTOCOPIES.

CHAPITRE PREMIER.

PHOTOCOPIES AUX SELS D'ARGENT.

§ 1. — *Photocopies par noircissement direct.*

1435. Papier salé, p. 301. — **1436**. Papier albuminé, p. 302. — **1437**. Papier à la gélatine, p. 305. — **1438**. Papier collodionné, p. 304.

§ 2. — *Photocopies par développement.*

1439. Papier salé, p. 305. — **1440**. Papier albuminé, p. 306. — **1441**. Papier à la gélatine, p. 306. — **1442**. Papier collodionné, p. 307. — **1443**. Remarques sur le développement, p. 308. — **1444**. Virage des photocopies, p. 310.

§ 3. — *Photocopies sur verre.*

1445. Emploi du papier au collodio-chlorure, p. 311. — **1446**. Emploi du gélatino-chlorure, p. 312. — **1447**. Développement des diapositives, p. 313. — **1448**. Virage des diapositives, p. 314. — **1449**. Diapositives obtenues à la chambre noire, p. 314.

CHAPITRE II.

PHOTOCOPIES OBTENUES PAR L'EMPLOI DE DIVERS SELS.

§ 1. — *Photocopies aux sels de platine.*

1450. Préparation du papier au platine, p. 316. — **1451.** Développement du papier au platine, p. 318. — **1452.** Virage des épreuves aux sels de platine, p. 318. — **1452** *bis*. Restauration des épreuves au platine, p. 319.

§ 2. — *Photocopies et photocalques aux sels de fer.*

1453. Photocopies aux sels de fer, p. 319. — **1454.** Diapositives bleues, p. 320.

§ 3. — *Photocopies aux sels de chrome.*

1454. Procédé Artigue, p. 321. — **1455.** Papier au charbon, p. 322. — **1456.** Procédé à la gomme bichromatée, p. 322.

§ 4. — *Procédés divers.*

1457. Emploi des sels de fer, de cuivre, p. 325. — **1458.** Emploi des sels de manganèse de cobalt, de cérium, p. 325. — **1459.** Composés diazoïques, p. 327. — **1460.** Impressions photographiques sur marbre, p. 327.

CHAPITRE III.

IMPRESSIONS PHOTOMÉCANIQUES.

§ 1. — *Photocollographie.*

1461. Photocollographie sur pellicules de gélatine, p. 328. — **1462.** Modifications aux procédés usuels, p. 329.

§ 2. — *Phototypographie.*

1463. Matériel, p. 330. — **1464.** Phototypes à demi-teintes, p. 337. — **1465.** Phototypes ne présentant que des traits, p. 342.

§ 3. — *Photolithographie.*

1466. Procédé par report, p. 343. — **1467.** Procédés directs, p. 344.

§ 4. — *Photoglyptographie.*

1468. Photoglyptographie en creux, p. 344. — **1469.** Procédés divers, p. 349.

§ 5. — *Photochromographie par procédés mécaniques.*

1470. Emploi de la photocollographie, p. 351. — **1471.** Emploi de la phototypographie et de la photoplastographie, p. 351. — **1472.** Emploi de la photoplastographie, p. 353. — **1473.** Procédés divers, p. 354.

LIVRE IV.

PROCÉDÉS DIVERS.

CHAPITRE PREMIER.

AGRANDISSEMENTS, PROJECTIONS, STÉRÉOSCOPE.

§ 1. — *Matériel pour agrandissements et projections.*

1474. Agrandisseurs, p. 355. — **1475.** Appareils à condensateurs, p. 359.

§ 2. — *Procédés d'agrandissement.*

1476. Agrandissement direct du négatif, p. 360. — **1477.** Méthode indirecte, p. 360.

§ 3. — *Projections.*

1478. Confection des diapositives, p. 361. — **1479.** Pratique des projections, p. 363.

§ 4. — *Stéréoscope.*

1480. Matériel, p. 364. — **1481.** Écartement des objectifs, p. 365. — **1482.** Impression et examen des épreuves stéréoscopiques, p. 369. — **1483.** Anaglyphes, p. 361.

LIVRE V.

APPLICATIONS SCIENTIFIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

§ 1. — *Microphotographie.*

1484. Appareils, p. 374. — **1485.** Procédés à employer, p. 375.

§ 2. — *Photographie astronomique.*

1486. Photographie des étoiles, p. 376. — **1487.** Photographie du soleil, p. 377. — **1488.** Sélénéphotographie, p. 378. — **1489.** Photographie des planètes et des comètes, p. 378. — **1490.** Applications diverses, p. 379.

§ 3. — *Applications à la géodésie.*

1491. Appareils, p. 381. — **1492.** Procédés, p. 383.

§ 4. — *Chronophotographie.*

1493. Photographie des projectiles, p. 384. — **1494.** Analyse des mouvements, p. 384. — **1495.** Synthèse du mouvement, p. 385.

§ 5. — *Applications à la physique.*

1496. Spectophotographie, p. 386. — **1497.** Météorologie, p. 386. — **1498.** Enregistrement des phénomènes physiques, p. 387.

§ 6. — *Radiographie.*

1499. Rayons Rœntgen, p. 387. — **1500.** Procédés opératoires, p. 388. — **1501.** Application, p. 390.

§ 7. — *Sciences naturelles.*

1502. Missions scientifiques, p. 391. — **1503.** Botanique, p. 393. — **1504.** Médecine, p. 393. — **1505.** Zoologie, p. 394. — **1506.** Photographies judiciaires, p. 394.

§ 8. — *Chromophotographie.*

1507. Anciens procédés, p. 395. — **1508.** Méthode interférentielle de Lipmann, p. 396. **1509.** Méthode indirecte, p. 396.

CHAPITRE II.

PHOTOMÉTRIE.

§ 1. — *Définitions.*

1510. Unités, p. 404.

§ 2. — *Résultats.*

1511. Appareils, p. 405. — **1512.** Sensibilité des plaques, p. 405.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE SUPPLÉMENT B

Aberrations : de champ, 15; de réfrangibilité, 17; de sphérité, 16; d'épaisseur, 16; de sphéricité, 16; corrections, 17.
Acétylène, 406.
Achromatisme, 17.
Affaiblissement des négatifs, 279.
Agrandissements, 355, 358; directs, 360; indirects, 361.
Agrandisseurs, 356.
Alunage, 275.
Amidol, 263.
Ampliateur, 357.
Anaglyphes, 361; polychromes, 402.
Analyse des mouvements, 384.
Anastigmats, *voyez* Objectifs.
Anthion, 275.
Aplanétisme, 73.
Aplanastigmats, 139,
Aplatissement, 81.
Applications aux sciences naturelles, 391.
Astigmatisme, 45, 82, 85.
Astrophotographie, 376.
Auréoles, *voir* Halo.

Balance cuvette, 238.
Banc d'essai, 49.
Boîtes à rainures, 244.
Botanique, 393.

Cabinet noir : éclairage, 224.
Calcul des objectifs, 27.
Carte du Ciel, 376.
Centrage des objectifs, 48, 55.
Centre optique, 9, 12.
Chambres noires d'ateliers, 183; pour phototypographie, 333; de voyage, 185; en aluminium, 187.
— à main, 188; Fribourg, 189; Folding, 189; diverses, 190.
— à magasin, 191; jumelles, 192, 195, 197; similijumelle, 199; automatique, 199; la navette, 200; le foligraphe, 200; à répétition, 202; éclaireur, 205; à pellicules, 205; leur choix, 207.
— stéréoscopiques, 367; à miroirs, 369.
Champ de clarté, 21, 39; de netteté, 55, 78.
Charbon-velours, 321.
Châssis dépoli, 212; châssis-magasin, 219; châssis négatifs, 218, 335, 337.
Châssis obturateur, 170.
Châssis pour pellicules, 290.
Châssis positif, 241.
Châssis à rouleaux, 211.
Cherté des objectifs, 57.
Chromographe, 398.
Chonophotographie, 384, 395.
Chromoscope, 397.
Chromophotographie, 384.
Clarté, 20, 90.
Collodion humide, 246; sec, 247; émulsionné, 248.
Collodio-chlorure, 307.
Comètes, 380.
Condensateurs pour agrandissements, 359.
Contre-types, 297.
Couleurs (reproduction des), 384.
Courbure, 9.
Cuvettes, 237, 239.

Développement (pratique du), 273, 289.
Diapositives, 312; pour projections, 361.
Diaphanéité, 405.
Diaphragmes, 19, 159.
Diazoïques, 327.
Dispersion, 7.
Distorsion, 16, 42, 86.

Eau iodée, 309.
Ecartement des objectifs, 365.
Eclair magnésique, 229 232.
Eclairage du laboratoire, 224.
Eclairement, 404.
Eclipses, 377.
Ecrans colorés, 287, 400.
Email, 339.
Emballage des plaques, 254, 392.
Emulsions : au collodion, 248.
— à la gélatine, 250.
— orthochromatiques, développements, 289.
Energie, 404.
Epreuves stéréoscopiques, 369; à relief exact, 370; en projections, 361.
Essai des objectifs : essai optique, 36, 48; photographique, 51, 58, 59, 62.
Eurygraphes, 97, 125.
Etoiles, 376.

Falsifications, 390.
Fixage : des négatifs, 275; des positives, 303.
— des diapositives, 361.
Focale (surface), 41.
Focimètre, 190.
Fonds dégradés, 243.
Formol, 261, 276.

Foyer principal, 10, 40, 67; chimique, 52, 77, 89, 91; profondeur, 70, 78, 89.

Gélatino-bromure d'argent, 250.
Glaces parallèles, 287,
Graduations (diaphragmes), 159, 160.
Grossissement, 13.

Halo, 253, 400.
Héliophotographie, 377.
Photographie astronomique, 376.
Hydroquinone, 264.

Iconogène ,266.
Intermédiaires pour procédés, 335.

Laboratoires portatifs, 224.
Lactate d'argent, 400.
Lampes au magnésium, 229 à 232.
Lanternes de laboratoire, 227; d'agrandissements, 379.
Lentilles, 8; composées, 14.
Lever des plans, 381.
Lumen, 404.
Lumination, 405.

Métol. 266.
Marbre, 327.
Manganèse, 321.
Médecine, 393.
Météorologie, 386.
Métrophotographie, 381.
Microphotographie, 374.
Miroirs, 331.
Missions scientifiques, 391.
Montage des photocopies, 243.

Négatifs sur supports flexibles, 290.
Négatif compensateur, 296.
— à image déformée, 299.
Netteté, 65, 72, 75.

Objectifs photographiques : calcul, 27; combinés, 21, 34; symétriques, 21; dissymétriques, 24; à lentilles multiples, 25; landscape-anastigmats, 96, 105; curygraphes simples, 97; Cooke, 99, 100; planar Zeiss, 101, 122; Gundlach, 106; périgraphes extra-rapides, 107: mégalogone, 108; aplanat grand angulaire, 108; périscope, 109; bistigmat, 109, 110; double anastigmat, 111, 113; orthostigmat grand angulaire, 110, 132, 331; collinéaires, 114, 134, 136; apochromatiques symétriques, 115; à portraits, 115; stigmatic, 116, 121; anastigmat $f/9$, 117; anastigmat $f/8$, 119; planigraphe, 120; eurygraphe, 123; eurygraphe anastigmatique, 125; anastigmat symétrique, 127; aplanats anastigmatiques, 128; aplanastigmats, 139; antispectroscopiques, 138; isométrope, 141; orthoscope, 141; pour stéréoscopes, 364.

Obturateurs : classification, 163; guillotine, 164; secteurs, 165; iris, 166; Bazin, 166; Krauss, 167; Pipon, 167; alternatif, 169; rideau, 169; focal plane, 171; Moessard, 170; Ponton d'Amécourt, 171; Barisien, 172; Thornton-Pickardt, 174; Berthiot, 174; Dehors, 175; Irunberry, 175; Duplex, 175; Turillon, 176; Guerry, 176; à persiennes, 177; à robinet, 177; essai des obturateurs, 179; rendement, 181.

Orthochromatiques (procédés), 284.
Ouverture utile, 159.
Oxhydrique, 230.

Panchromatiques, 285.
Papier salé, 301, 305; albuminé, 306.
— collodio-chlorure, 304, 308.
— éclair, 236.
— platine, 316; ferroprussiate, 320; charbon, 321; sels de manganèse, de cobalt, de cerium, de fer, de cuivre, d'urane, 325.
Paramidophénol, 266.
Paysages, 287.
Pellicules colorées, 400.
Périgraphes, 107.
Phot., 405.
Photocopies aux sels d'argent, 302; sur verre, 311; par développement, 305; sels de platine, 316; sels d'or, 306; stéréoscopiques, 364.
Photochromographie, 351; Photocollographie sur pellicules, 329.
Photoglyptographie, 347.
Photolithographie, 343.
Photomètres, 223, 405.
Photographie judiciaire, 394.
Photométrie, 404.
Photoplastographie, 353.
Phototypographie, 330.
Pieds de chambre noire, 208; télescopic, 210; canne, 211.
Planchettes à couper, 244.
Plans nodaux, 10.
Plans principaux, 14.
Planètes, 379.
Plaques : ortochromatiques, 284; panchromatiques, 285.
Platinotypie, 316.
Poids des surfaces sensibles, 222.
Points nodaux, 10.
Position des diaphragmes 159.

Poudre-éclair, 232.
Pouvoir dispersif, 8.
Presse, 336.
Prisme redresseur, 331
Procédé émail, 339.
Procédés pelliculaires, 290.
Procédé à la gomme bichromatée, 323.
Profondeur de champ, 71 ; de foyer, 71.
Projections, 361 ; pratique, 363.
Pyr, 404.
Pyrogallol, 262.

Radiographie, 387.
Rapidité, 90.
Rapport de clarté, 90.
Redressement, 299.
Réducteur, 279.
Réducto-agrandisseurs, 355, 356.
Réflexion, réfraction, 7.
Rendement, 181.
Renforcement, 277.
Repérage, 347, 350.
Report, 343.
Réseau, 337; tricolore, 401.
Restauration des négatifs, 299.
Retouche, 295.
Retournement, 291.
Révélateurs : généralités, 256; température, 257; dilution, 258; essai, 259; formol, 251 ; pyrogallol, 262; diamidophénol, 263; hydroquinone, 264; pyrocatéchine, 265; iconogène, 266; paramidophénol, 266 : métol, 266 ; glycine, 267; diamidorésorcine, 267; divers, 268; mélangés, 270; en poudre, 272.
Sécheur, 240.
Sélénéphotographie, 378.
Sensibilité des plaques, 250, 405.
Sensitomètres, 405.
Spectre solaire, 379.
Spectrophotographie, 379, 386.
Stéradiant, 404.
Stéréoscopes, 364.
Supports pour chambre noire, 335.
Synthèse du mouvement, 385.
Tégéotypie, 401.
Téléobjectifs, 149, 153.
Test-focimètre Rudolph, 91.
Tirage, 151.
Trame tricolore, 401.
Trame, 337.
Transport sur pellicules, 291.
Trichromatique, 398.
Trousses d'objectifs, 144, 146.

Vélocigraphe stéréoscopique, 369.
Ventilateur, 240.
Vernis, 281.
Vérascope, 368.
Violle, 404.
Virages, 311, 314.
Viseurs, 213, 215, 217.
Volle des négatifs, 294.
Volume focal, 78, 81.

Zoologie, 394.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS PROPRES

DU SIXIÈME VOLUME

Abel, 224.
Abney, 47, 164, 172, 181, 208, 254, 257, 264, 406.
Ackroyd, 402.
Adam Salomon, 294.
Allgeyer, 354.
Angot, 288, 386.
Anthony, 332,
Antoine, 191.
Arnold, 300, 402.
Artigue, 321.
Assche (d'), 144, 157.
Audra, 194, 272.

Bach, 266.
Baille, 51.
Balagny, 220, 283, 290, 315.
Balbreck, 100, 216,
Bardin, 209, 231, 369.
Barisien, 172, 190.
Barnard, 380.
Bartos, 353.
Bate, 263.
Battoncle, 384.
Bausch, 168.
Bazin, 166.
Bellieni, 170, 177, 215.
Belopolsky, 379.
Bergheim, 156.
Bergon, 393.
Berteil, 210.
Berthaud, 338.
Berthelot, 5.
Berthier, 403.
Berthiot ,97. 93, 104, 106, 107, 174, 205, 297, 330, 364.
Bertillon, 395.
Bertin, 390, 391.
Blackburn. 364.
Blancy, 316.
Bock, 354.
Bolton, 294, 305, 306.
Bonacini, 289.
Bordas, 391.
Borie, 148.
Boschmanns, 210.
Bouasse, 405, 406.
Bouillaud, 271.
Bourchani, 235.
Boursault, 406.
Boutan, 394.
Boyer, 231,
Bravais, 14.
Brichault, 190, 201.
Brissaud, 391.
Broggi, 300.
Brooks, 257.
Brunner, 382.
Buchner, 239.
Buguet, 359, 371, 402, 404, 405.
Buisson, 200.
Burais, 93, 245. 284 403.
Burton, 258, 279, 288, 296, 313, 354.

Cadot, 191, 200.
Calmettes, 354, 403.
Campbell, 379, 380.
Carpentier, 144, 192, 194, 195, 367, 370.
Cazes, 365, 370, 373, 390.
Cerutti, 221.
Chabot, 387.
Chapuis, 391.
Charlois, 376, 379.
Chauveau, 385.
Chauvet, 350.
Chavanon, 175.
Cheval, 238.
Chorretier, 209, 227.
Christiansen, 402.
Christophe, 385.
Clairaut, 28, 29, 98, 99, 101.
Clément, 139, 157, 168, 190, 200, 231, 238, 240, 359.
Clercq (de), 263.
Colard, 387.
Colby, 251.
Colson, 172, 180, 255, 257, 290, 327, 390, 395.
Common, 378.
Contremoulin, 391.
Couple, 315.
Cousin, 36, 91, 309, 322.
Cramer, 345.
Cronenberg, 354.
Crookes, 388.
Cros, 396, 399.
Crova, 287.
Czapski, 161.

Dallmeyer, 24, 25, 79, 99, 116, 120, 146, 156, 161, 207.
Darlot, 104.
Darwin, 36, 37, 161.
Davanne, 199, 213, 214, 219, 348.
David, 247, 283.
Davison, 305.
Decaux, 167.
Declercq, 275.
Decoudun, 223, 405.
Defloue, 242.
Degen, 146, 167, 288.
Dehors, 144, 175, 187, 190, 224.
Demachy, 324.
Demarçay, 181.
Demaria, 186, 190, 227, 231, 237, 238, 243, 244.
Demény, 385.
Demole, 251.
Denison, 354.
Derogy, 141, 157.
Descartes, 16.

Deslandres, 377, 379, 380.
Dessoudeix, 165.
Deville, 383, 402.
Dillaye, 182.
Dolezal, 402.
Dom-Martin, 242.
Dos, 234.
Donnadieu, 244, 402.
Draper, 257.
Drechser, 258.
Driffield, 223, 405.
Drouet, 252, 323.
Drouin, 371, 372, 373.
Dubosc, 204.
Duchesne, 287.
Duchochois, 401, 403.
Ducos du Hauron, 351, 352, 353, 354, 371, 372, 373, 396, 399, 400.
Ducretet, 392.
Dufrène, 348.
Duffrénoy, 224.
Dujardin, 350, 352.
Dumoulin, 403.

Echassoux, 200, 369.
Eckert, 218.
Eder, 142, 161, 245. 265, 267, 283, 284, 293, 316, 327, 354, 383, 385, 387, 402.
Edison, 385.
Edwards, 222, 266.
Eldinger, 375.
Elkin, 380, 390.

Fabre (C.), 245, 293.
Faller, 240, 243.
Farmer, 279, 281, 294, 314, 361.
Farquhar, 354.
Fauvel, 170, 190, 210.
Fayel, 374.
Féry, 51, 93, 245, 338, 354.
Finaton, 242.
Finsterwalder, 382.
Fisch, 327.
Flemming, 376.
Fleury-Hermagis, 205, 382
Forest, 283.
Forestier, 270.
Forgan, 375.
Foucault, 141.
Fourtier, 231, 232, 233, 234, 283, 315, 373.
Fox, 375.
Français, 141, 205.
Franck Valéry, 194.
Fribourg, 188, 231.
Frémont, 374.
Füssli, 353.
Fritsch, 354, 396.

Gaillard, 231.
Galitzin, 402.
Garnier, 350.
Gaudin, 250.
Gaumont, 190, 213, 217, 237, 242, 359, 370, 385.
Gauss, 8, 34, 101, 102, 122.
Gifford, 375.
Gill, 391.
Gilles, 183, 190, 208, 210, 342.
Gilmer, 139, 157, 168, 190, 200, 231, 238, 240, 359.
Gillon, 187, 218, 368.
Giscard, 391.
Goderus, 254.
Gœdike, 232, 234, 251, 258.
Gœrz, 98, 110, 113, 128, 330, 382.
Gothard, 380.
Gravier, 11.
Guerry, 176.
Guillaume, 402.
Guilleminot, 200, 252.
Guilloz, 393.
Guitton de Giraudy, 199.
Gundlach, 106, 141.

Hagen, 377.
Hanau, 202, 219, 367.
Harrisson, 99.
Hartl, 381.
Hascher, 342.
Hasper, 354.
Hauff, 267.
Heen (de), 391.
Heldmann, 309.
Henderson, 258.
Henry, 200, 402.
Hepwœrth, 209.
Hermagis, 98, 139, 141, 145, 148, 156, 180, 200, 305, 313, 357, 369, 382.
Hervier, 350.
Hesse, 231, 353, 354.
Heurck (van), 375.
Higgs, 379.
Hildebrandsson, 387.
Himly, 320.
Hobson, 99.
Hœgh (von), 128, 130.
Holowinski, 393.
Horsley Hinton, 300.
Houdaille, 62, 65, 74, 76, 78, 80, 86, 89, 91, 93, 149, 161, 179, 180, 224, 225, 232, 233, 253, 258, 259, 260, 264, 272.
Hubert, 187.
Hübl, 277, 284, 354.
Huillard, 297.
Humphrey, 230.
Hurter, 223, 405.
Husnick, 342, 354.

Imbert, 390, 391.
Ives, 399.
Ingall, 278.
Irunberry, 175.

Jackson, 389.
Jannssen, 377, 384.
Jarret, 139, 141, 288
Jeanrenaud, 322.
Jennings, 387.
Joly, 401.
Joux, 195, 357, 369.
Jullian, 300.
Jullien, 221.
Just, 310.

Kammerer, 381.
Kauffer, 191.
Keller, 379, 380.
Kew, 36, 37, 42.
Kiesling, 402.
Koch, 108, 139, 145.
Koehler, 403.
Kohlrausch, 385.
Konkoly, 402.
Koppe, 383, 395, 402.
Krauss, 48, 167, 177.
Krugener, 204.

La Baume Pluvinel, 289.
Lacour, 98, 106, 123, 124, 145, 174, 197, 288, 330, 364.

Lainer, 281, 296, 317.
Lambert, 239.
Lannelongue, 391.
Lansiaux, 216, 299.
Laussedat, 382, 383.
Laverne, 169.
Lebon, 393.
Lefevre, 196.
Legros, 315, 382, 402.
Leitz, 375.
Lejeune, 382.
Lemardeley, 139, 374.
Lenègre, 244,
Leroy, 166, 235, 270, 384.
Levy (Max), 338.
Levy, 141.
Liesegang, 161, 264, 275, 278, 307.
Lippmann, 396.
Liveing, 386.
Lœhr (A. V.), 144.
Lœwy, 378.
Loman, 204.
Lomb, 168.
Londe, 384, 391, 403.
Lugardon, 258.
Lumière, 222, 225, 256, 261, 263, 264, 265, 268, 269, 283, 285, 290, 303, 326, 329, 385, 386, 390, 397, 398.
Lund, 166.

Mach, 237, 262, 393.
Mackenstein, 190, 198, 202, 211, 221, 242, 334, 358, 368.
Maddox, 250.
Maes, 264, 310.
Maiden, 265.
Mairesse, 177.
Mairet, 235,
Mallmann, 322, 314.
Mandras, 402.
Mantois, 8, 94, 98, 123.
Marey, 165, 384, 385.
Marie, 390.
Maringen, 278.
Marion, 228, 329.
Mareschal, 243, 276, 295.
Maronier, 200.
Martin, 28, 33, 34, 35, 161.
Masson, 164, 221.
Mathet, 283, 300, 327.
Mawson et Swan, 315.
Mazo, 186.
Mendozza, 201, 242, 357.
Mercier, 276.
Merville, 205.
Meslans, 391.
Mewes, 402.
Meydenbauer, 236, 262, 381.
Miethe, 26, 115, 161, 234, 283, 305.
Moessard, 7, 26, 37, 62, 91, 161, 162, 170, 179, 189, 371.
Molteni, 209, 359, 360, 363, 364.
Monckoven, 345.
Monet, 402.
Morris, 241, 247.
Mors, 301.
Morton, 402.
Motteroz, 358.
Mücke, 300.
Muller, 236, 402.
Mullin, 245, 283.
Mussat, 252, 279, 291.

Nachet, 398, 399.
Nadar, 399.
Namias, 406.
Nardin, 224.
Nègre, 348.
Neuhauss, 262, 375, 396.
Newcomb, 264.
Newton, 10, 13, 71.
Niewenglowski, 289, 354, 403, 405.
Noaillon, 58, 239.

Oackley, 252.
Ommeganck, 237.
Orel, 353.
Ott, 382.

Packham, 318.
Parcker, 377.
Pector, 321.
Pellet, 254.
Pellin, 370.
Penrose, 332, 334, 336.
Petzval, 18, 24, 25, 99, 104, 115, 131, 149.
Pipon, 167, 369.
Placet, 348.
Planchon, 220, 290.
Plücker, 257.
Poitevin, 296, 323, 325.
Pollak, 381.
Ponton d'Amécourt, 170, 394.
Poulenc, 183, 190, 210, 231, 241, 242, 265, 319, 358, 368.
Prasmowski, 23, 32, 33, 35.
Pringle, 271, 279.
Puiseux, 378.

Rabot, 390.
Ranvez, 391.
Reeb, 275, 277, 278, 291, 292, 303.
Renaux, 141.
Rey, 391.
Richard, 211, 216, 219, 228, 299, 367, 396.
Richmond, 345, 354.
Rodenstok, 109.
Rœntgen, 387, 402.
Ross, 139.
Roster, 161.
Rouillé-Ladevèze, 327.
Rousseau, 282, 314, 322, 392.
Roussel, 98, 138.
Roux, 252.
Roy, 292.
Rudolph, 24, 90, 94, 104, 106, 141, 142, 143, 152, 154.
Russel, 376.

Sachse, 277.
Sainte, 243.
Saint-Florent (de), 321, 395.
Saint-Senoch (de), 321.
Sans, 391.
Santini, 402.
Sauret, 210.
Schiff, 394.
Schiffner, 402.
Schittenheim, 224.
Schmidt, 229.
Schnauss, 283, 354.
Schœberle, 376, 379, 380.
Schott, 143.
Schrambach, 197.
Schulze, 141.
Schumann, 386.
Scolick, 278.

Sébert, 178, 384.
Séguy, 210.
Selle, 296.
Sence, 241.
Seyewetz, 256, 261, 269, 397.
Sigson, 386.
Smith, 204, 250.
Soret, 26, 161, 245, 283.
Srna, 278.
Stadeler, 345.
Stanley, 378.
Starke, 381.
Stein, 401, 402, 403.
Steinheil, 24, 62, 98, 104, 108, 109, 110, 111, 131, 132, 141, 145, 146, 147, 150, 330.
Stieglitz, 362.
Stolze, 158, 264, 288.
Strengfield, 296.
Stroobans, 214.
Suter, 201.
Sutton, 13, 257.
Swan, 312.

Talbot, 346.
Target, 239, 265.
Taupenot, 369.
Taylor, 25, 99, 232, 234.
Teisserenc de Bort, 386.
Thornton, 402.
Thorthon-Pickard, 171, 174, 364.
Thury, 164.
Tisserand, 379.
Toch, 374.
Tolles, 148, 149.
Tormin, 402.
Toth, 258.
Tournemire, 147.
Tournois, 328, 354.
Tourtin, 204.
Tranchant, 315, 329, 354.
Trutat, 289, 315, 354, 373.
Turani, 342.
Turillon, 98, 120, 126 141, 145, 168, 175, 213 216.

Valenta, 250, 265, 270, 281, 284, 304, 306, 386, 387, 390, 402.
Vallot, 287 381, 382, 400.
Van Neck, 355.
Vausant, 277.
Vauthier, 387.
Verfasser, 354.
Vidal, 289, 354 373, 399, 403.
Villaume, 346.
Villon, 236.
Violle, 387, 406.
Vitoux, 402.
Vogel, 182, 226, 267, 278, 283, 287, 315, 380, 406.
Voigtlaender, 98, 110, 113, 115, 134, 141, 145, 147, 168, 207, 330, 383.
Volkmer, 354.
Vunschmann, 402.

Wallon, 26, 33, 34, 92, 95, 143.
Walsmley, 375.
Ward, 291, 402.
Warnerke, 225, 247, 251, 262, 277, 307, 329.
Waterhouse, 284.
Watson, 190, 218.
Weinecke, 378.
Wellington, 291.
Wells, 376.
Wethermann, 329.
Wiesner, 406.
Wildeman, 229, 375.
Wilkinson, 354.
Willianes, 235.
Wilson, 295.
Withe, 322.
Wolff, 338, 376, 379.
Wollaston, 8.
Woodward, 149.

Yvon, 375.

Zeiss, 25, 94, 96, 100, 103, 105, 106, 118, 122, 127, 128, 139, 140, 141, 145, 146, 147, 148, 150, 153, 158, 159, 161, 168, 192, 200, 207, 288, 300, 364, 374, 381.
Zeshoke, 58.
Zenger, 24, 115.
Zink, 399.
Zion, 199, 221, 368.

TABLE DES FIGURES

CONTENUES DANS LE SUPPLÉMENT **B**

1. Points nodaux..... 10
2. Foyer principal..... 11
3. Appareil Darwin..... 38
4. Distance focale..... 40
5. » » 40
6. Distorsion..... 41
7. Surface focale..... 41
8. Distorsion..... 43
9. Foyer chimique..... 44
10. Astigmatisme..... 45
11. » 46
12. » 47
13. Clarté..... 47
14. Appareil Krauss..... 49
15. Mire..... 50
16. Collimateur..... 50
17. Support à lentille..... 50
18. Mire oblique..... 51
19. Constantes des objectifs..... 52
20. » » 52
21. Rayon de courbure..... 53
22. » » 54
23. » » 55
24. » » 56
25. Courbure du champ..... 57
26. Chambre oblique..... 59
27. Résultats d'essais..... 60
28. » » 61
29. Appareil Houdaille..... 63
30. Astigmatisme..... 65
31. Mire Houdaille..... 65
32. » 66
33. Netteté..... 66
34. Distance focale..... 67
35. Points nodaux..... 67
36. Mesure de la distance focale..... 68
37. » » » 69
38. Pointage des points nodaux..... 70
39. Profondeur de foyer..... 70
40. » » 71
41. Réglettes inclinées..... 72
42. Foyer chimique..... 72
43. » 73
44. Profondeur de foyer..... 73
45. Aplanétisme..... 74
46. Points de netteté..... 74
47. Volume focal..... 79
48. » » 79
49. Profondeur..... 79
50. Diamètre couvert..... 80
51. » » 81
52. Profondeur..... 82
53. Astigmatisme..... 82
54. Volume focal..... 83
55. Profondeur..... 84
56. Distorsion..... 86
57. » 87
58. » 87
59. » 88
60. Eurygraphe Lacour..... 98
61. Objectif Cooke..... 99
62. » » 99
63. Anastigmat séric VII..... 105
64. Aplanat grand angulaire..... 107
65. Bistigmat..... 109
66. Orthostigmat 1 : 7..... 111
67. Double anastigmat 1 : 11..... 112
68. » » 112
69. Double anastigmat 1 : 7, 7..... 112
70. Collinéaire F/12,5..... 114
71. Stigmatic F/4..... 115
72. Anastigmat F/12,5..... 118
73. Anastigmat F/8..... 118
74. Planigraphe..... 119
75. » avec obturateur..... 121
76. Stigmatic F/6..... 122
77. Eurygraphe Lacour..... 123
78. Eurygraphe anastigmatique symétrique..... 124
79. Eurygraphe double..... 124
80. Anastigmat symétrique Turillon. 126
81. Double anastigmat Goerz F : 7,7. 128

82. Double anastigmat 128
83. Comparaison des anastigmats.. 131
84. » » .. 131
85. Orthostigmat F/10..... 132
86. » 132
87. » F/6 8..... 135
88. Collinéaire F/6,8..... 135
89. » F/7.7..... 136
90. Antispectroscopique..... 138
91. » 138
92. Anastigmat Zeiss..... 139
93. Trousse Berthiot..... 146
94. Aplanat anastigmat Zeiss..... 146
95. Téléobjectif..... 150
96. Conditions des téléobjectifs.... 150
97. » » 151
98. Obturateur à double guillotine. 164
99. Obturateur circulaire simple... 165
100. » » double.... 165
101. Obturateur alternatif double... 166
102. Le Saturne..... 167
103. Obturateur Krauss..... 168
104. » latéral alternatif... 168
105. » Laverne..... 168
106. » Moessard..... 168
107. Fonctionnement du rideau..... 170
108. Place du Thornton-Pickardt.... 170
109. Thornton-Pickardt..... 171
110. Obturateur focal plane..... 171
111. » Thornton-Pickardt. 173
112. » » ... 173
113. » » ... 173
114. » » ... 173
115. » planchette..... 174
116. Le Mignon..... 174
117. L'automatique..... 175
118. Schéma des secteurs séparés.... 175
119. Obturateur Guerry double..... 176
120. » » 176
121. » » 176
122. » » 176
123. » à volet..... 176
124. » à robinet..... 177
125. Appareil Sébert..... 178
126. Rendement du secteur..... 179
127. Procédé Houdaille..... 179
128. Chambre Thornton-Pickardt... 184
129. » » ... 184
130. » » ... 185
131. » » ... 185
132. Indicateur de plaques..... 186
133. » » 186
134. Châssis Thornton..... 186
135. Chambre Gillon..... 187
136. » » 187
137. Chambre folding..... 189
138. » » 189
139. Photo-jumelle Carpentier..... 192
140. » obturateur..... 192
141. Support Carpentier..... 193
142. Sténo-jumelle Joux..... 195
143. » » 195
144. » » 195
145. Jumelle Lacour..... 196
146. » » 196
147. » » 196
148. Jumelle Mackenstein..... 197
149. » » 197
150. » » 197
151. » » 197
152. » » 197
153. Simili-jumelle Zion..... 198
154. Appareil Guitton de Giraudy... 199
155. » Maroniez..... 199
156. » Mendozza..... 201
157. » Hanau..... 202
158. » » 202
159. » » 202
160. » Londe..... 203
161. » » 203
162. » Berthiot..... 204
163. Support de chambre..... 209
164. » » 209
165. Pied à coulisse..... 210
166. » télescopique..... 210
167. » Thornton..... 211
168. » » 211
169. Plésiomètre Hermagis..... 213
170. Le Duhé..... 214
171. Graduation du viseur..... 214
172. » » 214
173. Viseur..... 215
174. Alidade viseur..... 215
175. Viseur Balbreck..... 216
176. » » 216
177. » noir..... 217
178. » Richard..... 217
179. » Gaumont..... 217
180. Adapteur Thornton..... 218
181. Châssis à tiroir Hanau..... 219
182. Lampe Humphrey..... 229
183. » Clément Gilmer..... 230
184. » Bardin..... 230
185. » Boyer..... 231
186. Flamme de l'éclair..... 232
187. » » 232
188. Cuvette à révéler..... 237
189. Balance-cuvette..... 239
190. Sécheur Faller..... 240
191. Châssis Mendozza..... 241

192. Orthostigmat Steinheil 1/10.... 330
193. Nouvel orthostigmat 1 : 10..... 330
194. Prisme pour objectif..... 331
195. Miroir » 331
196. Chambre Penrose..... 332
197. » » avant 333
198. » » arrière 333
199. Récepteur de trame..... 334
200. » » 334
201. Intermédiaire..... 335
202. Porte-modèle rotatif..... 335
203. Pont suspendu..... 335
204. Chambre Penrose..... 336
205. » » 336
206. Porte-glace Penrose..... 337
207. Linéature Tuerke..... 337
208. Agrandisseur Van Neck..... 355
209. » » 355
210. » Gaumont..... 356
211. Ampliateur Mendozza..... 357
212. Chambre Mackenstein..... 357
213. Vérascope..... 336
214. Chambre Van Neck..... 336
215. » Gaumont..... 336
216. Stéréo-jumelle Carpentier..... 367
217. » » 367
218. Jumelle Mackenstein..... 367
219. » » 367
220. » » 368
221. » » 368

Toulouse, Imp. DOULADOURE-PRIVAT, rue St-Rome, 39. — 6000

FA6650.105.5
Traite encyclopedique de photograph
Fine Arts Library
AYT4333
3 2044 033 963 372

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

FINE ARTS
SEP 10 2001
JUN 27 2001
CANCELLED

FA 6650.105.5

Fabre, Charles

Traite encyclopedique de photog.

DATE	ISSUED TO